Geschichte der Entwicklungslehre

Von

Dr. Heinrich Schmidt
(Jena)



Alfred Kröner Verlag in Leipzig
1918


WELLCOME
HISTORICAL
MEDICAL
LIBRARY

Ernst Haeckel,

dem Begründer der

Monistischen Entwicklungslehre,

in tiefster Verehrung und Dankbarkeit.

Vorwort.

Die Welt- und Lebensanschauung des modernen Menschen wird in ihrem ganzen Umfang vom Entwicklungsgedanken beherrscht. Der Satz, daß alles Sein völlig nur durch die Erforschung seines Werdens erkannt werden könne, ist zu einem unveräußerlichen Prinzip des wissenschaftlichen Arbeitens geworden. Geworden, müssen wir sagen, denn auch der Entwicklungsgedanke hat seine Geschichte, die ihn in seiner Entstehung, im Kampf mit dem Stabilitätsprinzip der Schöpfungslehre, in seiner theoretischen Ausgestaltung und siegreichen Ausbreitung zeigt.

Die Geschichte der Entwicklungslehre ist von hohem Interesse; sie ist ein Teil der Geschichte des menschlichen Geistes, der um Welterkenntnis ringt und vom Irrtum zur Wahrheit schreitet, langsam und auf vielen Umwegen, aber doch unaufhaltsam. Merkwürdigerweise ist diese Geschichte bisher noch nicht geschrieben worden. Wir besitzen Darstellungen der Geschichte der Kosmogenien und der Deszendenztheorie und viele einzelne Monographien aus diesem oder jenem Gebiet; aber eine Geschichte der Entwicklungslehre überhaupt, die das Eindringen des Entwicklungsgedankens in alle Gebiete des menschlichen Denkens darzustellen hätte, besitzen wir noch nicht.

Das hier vorliegende Buch ist der erste Versuch einer Geschichte der Entwicklungslehre im Gesamtgebiete der Naturwissenschaft. Der intellektuelle Urheber dieser Geschichte ist mein verehrter Meister und Freund, Exzellenz Ernst Haeckel. In der unausgeführt gebliebenen Absicht, selbst einmal eine Geschichte der Entwicklungslehre zu schreiben, hat er seit mehr als sechzig Jahren ein umfangreiches Material dazu gesammelt: Bücher, Broschüren, Aufsätze, Briefe, Manuskripte, die nunmehr im Haeckel-Archiv der Universität Jena ihrer Ergänzung und Verwertung harren.

Mit der Verwaltung dieses Archivs betraut und seit Jahren mit dem Studium seiner Schätze beschäftigt, hielt ich es für geraten, zunächst einmal die Geschichte der Entwicklungslehre in übersichtlicher Weise darzustellen. Das ungeheure Material machte eine gedrängte Darstellung zur Pflicht; es konnte nur bewältigt werden, indem es dem Wahlspruch „Divide et imdera" gemäß behandelt wurde. Demgemäß habe ich zunächst den

Gegenpol der Entwicklungslehre behandelt, gegen den sich diese erst durchsetzen mußte: die Schöpfungslehre. Das zweite Kapitel beschäftigt sich mit dem Entwicklungsgedanken im philosophischen Denken bis zu seiner Besonderung in einzelnen Wissenschaften. Im dritten Kapitel folgt die Entwicklungsgeschichte des Entwicklungsbegriffs selbst, in den folgenden sodann die Geschichte des Entwicklungsgedankens in den Gebieten der Kosmologie, Chemie, Geologie, Biologie und Anthropologie. Die breitere Behandlung der Biologie in ihren Sondergebieten ergab sich von selbst aus der Tatsache, daß hier die Entwicklungslehre ihr eigentliches Feld gefunden hat, auf dem sie zur höchsten Blüte gelangt ist. Die Notwendigkeit des knappen Zusammenfassens zwang mich dazu, überall der geraden Linie des Fortschritts nachzugehen, ohne lange bei abwegigen Erscheinungen zu verweilen; ebenso zwang sie zu einer sachlichen Darstellung der historischen Entwicklung ohne vieles Dazwischenreden. Nur so konnte die wünschenswerte Übersicht über das Ganze gewahrt bleiben. Auch da, wo ich auf Grund meiner Quellenstudien zu anderen Ergebnissen gelangt bin als frühere Historiker der Entwicklungslehre, habe ich meine Auffassung gerade hingestellt, ohne viel Aufhebens davon zu machen.

Niemand weiß besser als der Verfasser selbst, wie unvollkommen diese Arbeit noch ist. Aber ich glaube doch damit einen Grund gelegt zu haben, auf dem ich selbst und andere weiterbauen können. In diesem Sinne bitte ich das Werk aufzunehmen und zu fördern. Während meiner Studien und der Arbeit an dem Buche sind mir selbst zahlreiche Punkte aufgestoßen, die einer monographischen Bearbeitung bedürftig sind. Diese Arbeiten hoffe ich zum Teil selbst noch ausführen zu können, zum Teil werde ich die Hilfe von Mitarbeitern in Anspruch nehmen müssen. Vor allem aber soll ein besonderer Band die Entwicklungslehre in der Psychologie, ein anderer den Entwicklungsgedanken in den sogenannten Kultur- und Geisteswissenschaften behandeln. Ein „System der Entwicklungslehre“ wird den Abschluß der zusammenfassenden Werke bilden. Das Material auch zu diesen Bänden ist zu einem großen Teil bereits vorhanden und geordnet.

Die Drucklegung des Buches in dieser schweren Zeit ist nur dadurch möglich geworden, daß mein Verleger, Herr Geheimrat Alfred Kröner in Leipzig, sich in uneigennützigster Weise und mit allen Kräften dafür eingesetzt hat. Ich kann ihm dafür nicht genug danken.

Jena, April 1918.

Dr. Heinrich Schmidt.

Inhalt.

1. Kapitel.

Von der Schöpfungslehre zur Entwicklungslehre.

Die Frage nach dem „Woher" der Dinge beschäftigt das Nachdenken der Menschen schon in ältester Zeit und in primitivster Kultur. Ausgenommen vielleicht die Wedda auf Ceylon und einige Stämme der malayischen Halbinsel, scheint es in der Tat kein Volk zu geben, das nicht wenigstens die Frage nach seiner eigenen Herkunft, weiterhin aber nach der Entstehung der Dinge überhaupt irgendwie zu beantworten gesucht hat, sei es auch in der kindlichsten Weise. Die Veranlassungen zu dieser Frage waren von der mannigfaltigsten Art; sie lassen sich aus Berichten und Überlieferungen deutlich erkennen. Erinnerungen an Wanderzüge der eigenen Horde, an ihr Ursprungsland und ihre sippschaftliche Abstammung; Erinnerungen an die Erfindung wichtiger Kulturgüter, Geräte und dergleichen; das Zusammentreffen mit fremden, unbekannten Menschen und Tieren; das Entstehen und Vergehen, Auftauchen und Verschwinden von Dünsten, Nebeln, Wolken mit Regen und Schnee; der Auf- und Untergang der Sonne, des Mondes, der Gestirne überhaupt; das Hervorkeimen der Pflanzen aus dem dunklen Schoß der Mutter Erde; das Auftauchen immer neuen Getieres aus den verborgenen Tiefen der Gewässer; der Akt des Gebärens; das Geheimnis des tierischen Eies, das hier und da, oft ohne erkennbaren Zusammenhang mit einem Erzeuger gefunden wird und wunderbarer Weise ein neues Lebewesen aus sich hervorgehen läßt — solche und ähnliche Erfahrungen und Beobachtungen waren es, die im primitiven Menschen die Frage nach dem „Ursprung" der Dinge weckten.

Verschieden wie der Anlaß, das nachforschende Beobachten, oder die individuelle und soziale Kraft des Nachdenkens und gedanklichen Kombinierens waren die Antworten, die der Mensch auf jene Ursprungsfrage fand. So verschieden aber auch im einzelnen, im großen ganzen

lassen sie sich doch in drei Gruppen verteilen, die durch die Worte Schöpfung, Ewigkeit und Entwicklung fürs erste genügend gekennzeichnet sind. Alle drei begegnen uns schon in ältester Zeit ebenso, wie sie noch jetzt innerhalb der Kulturgesellschaft in voller Kraft nebeneinander bestehen. Zuweilen liegen sie gegenseitig in heftigem Kampf, zuweilen gehen sie fruchtbare Vermischungen ein und liefern Bastarderzeugnisse, in denen Schöpfung und Entwicklung, oder Schöpfung und Ewigkeit, oder Ewigkeit und Entwicklung miteinander vereinigt sind. Im ganzen genommen steht jedoch das ältere und primitivere Denken mehr im Banne der Schöpfungslehre, während sich das neuere in zunehmendem Maße der Entwicklungslehre zuneigt.

Die Schöpfungslehre.

Bei den Naturvölkern herrscht die Schöpfungslehre vor. Irgend ein „göttliches“ Wesen macht die Dinge, so wie der primitive Mensch seine Geräte macht: mit der Hand, im Schweiße seines Angesichts; einzeln, so wie sie des Nachdenkens überhaupt gewürdigt werden, oder in ihrer Gesamtheit als Welt, als „Himmel, und Erde“; in der Regel aus vorhandenem Stoff oder vorhandenen Dingen, über deren Herkunft ebensowenig nachgegrübelt wird wie über den Ursprung des Schöpfers selbst[1]).

Unter den Schöpfungslehren der Kulturvölker nimmt die babylonisch-israelitische das Interesse in ganz besonderem Maße in Anspruch. Als „Schöpfungsgeschichte des Moses“ zu einem Grunddogma der christlichen Religion geworden, erlangte sie in der geistigen Kultur Europas eine große und verhängnisvolle Bedeutung. Ausgerüstet mit der autoritativen Gewalt der Kirche, stand sie ein Jahrtausend lang und länger jedem Fortschritt der natürlichen Welterkenntnis im Wege, zwang sie die Forschung, sich mit ihr auseinander zu setzen, führte sie den wahrheitsuchenden Menschengeist auf Irrwege oder veranlaßte ihn zu Kompromissen, wenn nicht gar zur Umkehr[2]). So trat sie auch

[1]) Über die Schöpfungssagen der Naturvölker s. B. Weinstein, Entstehung der Welt und der Erde nach Sage und Wissenschaft. 2. A. 1913. — [2]) Die verhängnisvollen Wirkungen der Genesis schildert in quellenmäßiger Darstellung A. D. White, Geschichte der Fehde zwischen Theologie und Wissenschaft. Deutsch von C. M. v. Unruh. o. J.; s. auch J. W. Draper, Geschichte der Konflikte zwischen Religion und Wissenschaft. 1875; O. Zöckler, Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft mit besonderer Rück-

in den schärfsten Gegensatz zur „natürlichen Schöpfungsgeschichte" der Entwicklungslehre, und diese mußte sich, im individuellen wie im sozialen Denken, immer wieder erst von jener ablösen; deshalb kann eine Darstellung der Entwicklungslehre und ihrer Geschichte nicht an der Schöpfungslehre vorbeigehen, ohne sich mit dieser zu befassen.

Die israelitische Schöpfungslehre entstand in Babylonien und war, wie jedes geistige Produkt, auch ihrerseits der Entwicklung unterworfen. Die Erkenntnis dieser Entwicklung beginnt mit Jean Astruc, Doktor und Professor der Medizin in Paris (1684—1766). Astruc wagte es, nach dem bekannten Goethewort, zuerst Messer und Sonde an den Pentateuch anzulegen, und sein erfolgreicher anatomischer Versuch deckte die Zwiefältigkeit und Zwiespältigkeit der beiden Schöpfungslegenden auf, die jetzt als jahvistischer und elohistischer Schöpfungsbericht unterschieden werden[3]).

Der Schöpfungsbericht des Jahvisten, Genesis 2, 4—3, 24, ist der ältere von beiden; er stammt aus dem achten Jahrhundert v. Chr. und enthält eine schlichte Darstellung uralter Tradition. Die Hauptstellen desselben lauten[4]): „Als noch keine Sträucher auf Erden waren und keine Kräuter gewachsen waren, auf Erden Menschen noch nicht waren, da formte der Gott Jahve den Menschen aus feuchter Erde und blies ihm den Odem des Lebens in die Nase. So wurde der Mensch ein lebendiges Wesen. Dann ließ der Gott Jahve aus der Erde allerlei Bäume sprossen, und weiter formte er aus der Erde alles Getier des Feldes und alle Vögel des Himmels. Aber für den Menschen fand sich kein Wesen darunter, das ihm hätte beistehen können und zu ihm gepaßt hätte. Da ließ der Gott Jahve einen tiefen Schlaf auf den Menschen fallen, daß er entschlief. Dann nahm er eine seiner Rippen, baute ein Weib daraus und brachte sie zum Menschen." Hier formt Gott den Menschen und die Tiere aus feuchter Erde, Lehm oder Ton, und das hebräische Wort für „formen" in diesem Bericht, jazar, ist ein Terminus des Töpferberufs[5]).

sicht auf Schöpfungsgeschichte. 1877; F. W. Reusch, Bibel und Natur. Vorlesungen über die mosaische Urgeschichte und ihr Verhältnis zu den Ergebnissen der Naturforschung. 4. A. 1876. — [3]) J. Astruc, Conjectures sur les mémoires originaux, dont il paroit, que Moyse c'est servi, pour composer le livre de la Genèse. Brüssel 1853. Eine Geschichte der Kritik der fünf Bücher Moses gibt H. Holzinger, Einleitung in den Hexateuch. 1890. — [4]) H. Gunkel, Genesis. 3. A. 1910. — [5]) H. Gunkel, S. 16. H. Reusch, S. 75: „Jazar entspricht unserem bilden, dem griechischen πλάσσειν, dem lateinischen formare oder fingere."

Der babylonische Schöpfergott Ea führt unter seinen zahlreichen Namen auch den eines Töpfers. Das Buch Hiob (33, 6) läßt Elihu sagen: „Auch ich bin aus Lehm gemacht", und noch jetzt bezeichnet sich der fromme Christ seinem Gott gegenüber als ein „schwaches Gefäß", und verrät damit den babylonischen Ursprung seiner Götter- und Schöpfungsvorstellung. Ähnliche Vorstellungen finden sich mehrfach. Im alten Ägypten wurde der Schöpfergott Chnum mit einer Töpferscheibe abgebildet. In Tibet wird auf dem von den Lamas gebrauchten „Lebensrad" die bildende Kraft als Töpfer dargestellt, der Tongeräte auf seiner Töpferscheibe formt. Die Vedanta-Philosophen des alten Indien begründen die Gestaltung der Materie zum Kosmos durch den Hinweis auf den Töpfer, der Gefäße formt[6]). A. D. White sah 1894 in München ein Zunftbanner, auf dem Jesus als Töpfer, den Erdball auf einer Töpferscheibe formend, dargestellt war. Das Banner trug die Jahreszahl 1727[7]). Die Schöpfung Gottes ist nach dieser ältesten Auffassung „seiner Hände Werk", das Wort in seiner buchstäblichen Bedeutung genommen.

Der zweite biblische Schöpfungsbericht, Genesis 1, 1—2, 3, ist anscheinend ein Produkt gelehrter Priesterschaft. Er stammt aus dem fünften vorchristlichen Jahrhundert, enthält aber auch noch ältere Bestandteile. Dieser „Bericht" teilt die Schöpfung in sechs Tagewerke ein. Am ersten Tag schuf Gott das Licht (den Tag) und schied es von der Finsternis (der Nacht). Am zweiten Tag machte Gott den Himmel, der als ein festes Gewölbe die Wasser über der Feste von dem Wasser unter der Feste schied. Am dritten Tag sammelte er das Wasser unter dem Himmel an einen Ort, das Meer, und dadurch wurde ein Teil der Erde trocken. Auf Gottes Geheiß sprießen aus der Erde Gewächse hervor: Kraut, das Samen bringt nach seiner Art, und Bäume, die Früchte tragen nach ihrer Art. Der vierte Tag ist der Schöpfung der Gestirne gewidmet, die als Leuchtkörper an den Himmel gesetzt werden. Der fünfte Tag bringt die Erschaffung der Fische und Vögel, der sechste die der Landtiere und des Menschen. Gott machte das Wild des Feldes

[6]) Über die babylonische Weltschöpfung P. Jensen, Die Kosmologie der Babylonier. 1890; H. Winckler, Die babylonische Weltschöpfung. 1906, und Die babylonische Geisteskultur. 1907; A. Jeremias, Das Alte Testament im Lichte des alten Orients. 3. A. 1916. Hier S. 25 eine Wiedergabe der ägyptischen Abbildung; die tibetanische bei Waddell, Buddhism of Tibet. London 1895, S. 108. — [7]) White (Anm. 3), S. 23, Anm.

nach seiner Art und das Vieh nach seiner Art und alles Gewürm auf dem Boden nach seiner Art, zuletzt, nach seinem Bild, den Menschen, und zwar als Mann und Weib.

Dieser „Bericht“ speziell ist es, der als „Schöpfungsgeschichte des Moses“ in die Weltanschauung des Christentums übergegangen ist; er ist es, der nach der herrschenden Annahme die Erschaffung der Welt durch das bloße Wort des Schöpfers bewirkt sein läßt: „Gott sprach — und es ward“. Allein in den meisten Fällen heißt es doch nach dem „Gott sprach“: „und Gott machte oder schuf“. Das hebräische Wort „bara“, das Luther mit „schaffen“ übersetzte, wird im Alten Testament allerdings nur vom göttlichen Wirken gebraucht[8]). Zum Ausdruck eines ausgebildeten Supranaturalismus ist es jedoch erst in einer späteren Zeit geworden. Die ursprüngliche Bedeutung scheint in dem gleichlautenden südarabischen „bara“, bauen oder machen, enthalten zu sein. Vom „Grund legen“ der Welt ist in der Bibel oft die Rede. Die Schöpfung wird hier, wie übrigens auch in der vedischen und babylonischen Kosmologie[9]), nach Art eines Hausbaues gedacht. Die Erde ist der Grundbau, der Himmel das Dach darüber. An diese Auffassung erinnern auch noch die späteren Bedenken, mit denen sich die fromme Bibelforschung quälte: daß Gott nach dem Wortlaut der Schöpfungsgeschichte — am Anfang schuf Gott Himmel und Erde — seltsamerweise zuerst den Himmel, das Dach der Welt, gemacht haben müsse (Johannes Chrysostomus), oder, wie es der Mansfelder Prediger Simon Musäus († 1576) in seiner drastischen Art ausdrückte: „Gott aber kerets straks umb und machet zum ersten den Himmel zum Dach und Gewelbe, und läßt ihn so lange in der Höhe schweben und pampeln, bis er am dritten Tage die Erde darunter setzet“[10]). Es sei hier auch an die Dome erinnert, die mit ihrer bestirnten Decke oder Kuppel eine Nachbildung des „Weltgebäudes“ darstellen, das vom „Weltbaumeister“ aufgeführt und herrlich geschmückt worden ist.

Die Vergeistigung des göttlichen Schöpfungswerkes ist also auch im Priesterkodex noch nicht erreicht. Das „Gott sprach“ des ersten Kapitels der Genesis kann sehr wohl als ein Überlegen oder Vordenken, oder als eine Ankündigung aufgefaßt werden, der die Tat alsbald nach-

---

[8]) Gesenius-Buhl, Hebräisches und aramäisches Handwörterbuch. 16. A. 1915; Gunkel, Genesis 1910, S. 102. — [9]) H. W. Wallis, The Cosmology of the Rigveda. London 1887; P. Jensen (Anm. 6). — [10]) Zöckler (Anm. 2), S. 673.

folgt. So heißt es naiv, aber richtig in einem indischen Text vom Schöpfer Prajāpati: „In seinem Denken regte sich der Wunsch: ich will diese Welt erschaffen. Worauf ein Mensch mit seinem Denken kommt, das spricht er darum mit Worten aus und tut es mit der Tat". Das biblische „Sechstagewerk" ist sogar anstrengend genug, um dem schaffenden Gott den siebenten Tag zu einem erwünschten Ruhetag zu machen: „Er ruhete von aller Arbeit, die er gemacht hatte" (Gen. 2, 3), oder, wie es noch drastischer Exodus 31, 17 heißt: „Am siebenten Tag ruhete er und erholte sich", wörtlich: „und verschnaufte sich"[11]). So war auch der indische Schöpfergott Prajāpati nach der Schöpfung „außer Atem", „zum Tode erschöpft". Noch Tertullian sagt in seiner Streitschrift gegen Hermogenes: „Major est Dei gloria, si laboravit — um so größer ist sein Ruhm, wenn er wirklich gearbeitet hat". A. D. White bemerkte auf mittelalterlichen Darstellungen der Weltschöpfung wiederholt den überraschend realistischen Ausdruck des Ausruhens des Allmächtigen am siebenten Tag; „er ist in fast genau der Haltung dargestellt, die in klassischen Bildwerken des ruhenden Merkur erscheint: zusammengesunken und mit einem scharf geprägten Ausdruck der Müdigkeit in seiner Haltung und in dem ganzen Körperzustand"[12]). Nur ein fortgeschrittenes Denken konnte diese groben Anthropomorphismen aufgeben und zu der sublimierteren Auffassung gelangen, die Psalm 33, 6 zum Ausdruck kommt: „Der Himmel ist durch das Wort des Herrn gemacht und all sein Heer durch den Geist seines Mundes".

Schon im Rigveda (X, 125), der auch in seinen jüngsten Teilen älter ist als der Psalter in seiner ältesten, tritt die „Vāc", Stimme, Rede, Wort, als tätige und personifizierte Kraft auf. In der Brāhmana-Literatur erscheint die Vāc, ähnlich wie der Logos bei Philo und im Johannes-Evangelium, als Genossin des Schöpfergottes Prajāpati, im Verein mit welcher und durch welche er die Schöpfung vollbringt; „ja sie ist in letzter Instanz als die geistigste Zeugerin hier und da geradezu an den Anfang aller Dinge überhaupt, sogar noch über den persönlichen Träger ihrer selbst gestellt"[13]). Ähnlich steht in der babylonischen

[11]) Gunkel (Anm. 4), 2. A. S. 101. In der dritten Auflage setzt Gunkel dafür: „und holte Atem". Über Prajāpati P. Deussen, Allgemeine Geschichte der Philosophie I, 1, 2. A. 1916, S. 190. — [12]) White (Anm. 2), S. 15, Anm. 1. — [13]) A. Weber, vāc und logos. Indische Studien IX, 473—480. Dazu R. Garbe, die Sāmkhya-Philosophie. Leipzig 1894, S. 103. Die Brāhmanastelle bei Geldner, Die Religionen der Inder. Tübingen 1911, S. 166: „Prajāpati war

Genesis der „Geist", das „Wissen", der „Verstand" am Anfang, Mummu, in dem Winckler „ohne Schwierigkeit" den Logos des Johannes-Evangeliums erkennen will. In den Sprüchen Salomos (8, 22— 30) ist die „Weisheit" der Werkmeister Gottes.

Der Gedanke einer Schöpfung aus nichts wurde im Alten Testament ebensowenig erreicht wie in der babylonischen Mythologie. Hier wie dort geht vielmehr die Überzeugung dahin, daß Gott ein „Chaos" als Schöpfungsmaterial zur Verfügung gestanden habe. Die älteste Vorstellung scheint die eines chaotischen Urwassers (oder Urnebels) zu sein, die in allen Kosmogonien des altorientalischen Völkerkreises wiederkehrt. Nach der Weisheit Salomos ist die Welt geschaffen aus „ungestaltetem Wesen" (11, 18). Im zweiten Makkabäerbuch, aus dem ersten Jahrhundert der christlichen Zeitrechnung, heißt es 7, 28: „Siehe an Himmel und Erde und alles was darinnen ist: dies alles hat Gott aus Nichtseiendem gemacht". Dieses „Nichtseiende" ist ebenso ein Platonismus wie das „ungestaltete Wesen" der Weisheit Salomos, die ebenso hellenistisch beeinflußt ist wie das Makkabäerbuch. Die Materie, aus welcher der „Demiurg", der Schöpfergott Platos, die Welt der Sinnendinge bildet, ist zwar kein völliges Nichts, aber den ewigen Ideen gegenüber, die allein wahre Realität besitzen, doch ein Nichtseiendes, Wesenloses[14]).

Noch in den Anfängen der christlichen Kirche ist die Auffassung des Schöpfungswunders vielfach geteilt. Hermogenes, der „Hauptvertreter des philosophischen Dualismus in der alten Kirche", nahm eine ungeschaffene chaotische Materie an, auf welche Gott eingewirkt habe, wie der Magnet auf Eisen wirkt. Tertullian, sein großer Gegner, läßt Gott die Welt aus nichts erschaffen, nicht aus einer vorhandenen Materie; aber sein Gott ist selbst materiell, ebenso wie die menschliche Seele, denn alles Wirkliche sei körperlicher Natur. Nach Origenes ist die gegenwärtige Welt auf Gottes Geheiß aus einem vorweltlichen, obschon

---

nämlich diese Welt ganz allein. Sein einziger Besitz war die Rede, die Rede war seine Gefährtin. Er sann: ich will diese Rede aus mir entlassen, sie wird sich zu diesem All entfalten. Er entließ die Rede aus sich, da ging sie und entfaltete sich zu diesem All." Über den babylonischen Mummu H. Winckler (Anm. 6) 1907, S. 94, 1906, S. 23. — [14]) Böckh, Zeller, Siebeck, Baeumcker und Windelband fassen das „Nichtseiende" Platons als den leeren Raum auf; Gomperz (Griechische Denker II, 2. A. 1903, S. 484 u. Anm. S. 606) hält mit Deichmann, Dümmler, Bonitz, Brandis, Ueberweg und Grote das „Nichtseiende" für die formlose Materie.

nicht urewigen Stoff entstanden; es sind ihr unzählige andere Welten vorhergegangen, und andere werden ihr folgen. In Augustinus endlich erreicht die jüdisch-christliche Schöpfungslehre ihren supranaturalistischen Höhepunkt. Gott hat die Welt aus dem absoluten Nichts erschaffen. Auch nicht aus seinem Wesen ist sie hervorgegangen, wie pantheisierende, neuplatonisierende Theologen gelehrt hatten. Die Schöpfung war ein zeitloser Akt. Sie geschah in einem „Nun", wie Meister Eckhart, in einem „Hui", wie Martin Luther sagt. Sogar die Zeit ist in dem „Hui" erst mit erschaffen worden. Auch die Welterhaltung ist eine fortwährende Weltschöpfung. In jedem Augenblick würde die Welt in nichts verschwinden, wenn sie nicht in jedem Augenblick neu erschaffen würde. Die Welt befindet sich also in absoluter Abhängigkeit von Gott; erst hier ist sie wirklich zum Nichts geworden, und alle natürliche Kausalität ist aufgehoben. Gott ist es, der da wirket alles in allem. Augustins Theologie und Weltanschauung ist vollendeter Theomonismus[15].

Die Einzelheiten der Schöpfungslehre haben den biblischen Exegeten und christlichen Dogmatikern auch nach Augustin noch viel zu schaffen gemacht, insbesondere als es nötig wurde, sie den unleugbaren Fortschritten der Naturerkenntnis anzupassen. Da uns hier nur die prinzipiellen Gesichtspunkte der Schöpfungslehre interessieren, ist es unnötig, diese Einzelheiten sowie die spekulativen Formulierungen christlicher Philosophen zu erörtern. Es sei nur noch eine Definition der Schöpfung mitgeteilt, welche den Ertrag der dogmatischen Erörterungen darüber zusammenzufassen sucht. Danach ist die Schöpfung „derjenige Akt der Selbstbetätigung, durch welchen Gott in Erfüllung seines Bedürfnisses der Selbstmitteilung die in seinem Ewigkeits- und Zeitbewußtsein idealiter gesetzte und damit auch in der Vollziehung

[15]) Über die Schöpfungslehren der Kirchenväter unterrichtet am ausführlichsten O. Zöckler (Anm. 2). S. auch D. Fr. Strauß, Die christliche Glaubenslehre in ihrer geschichtlichen Entwicklung und im Kampfe mit der modernen Wissenschaft, Bd. I, 1840, S. 617—717. Der Gedanke von der zeitlosen Schöpfung, der von dem Juden Philo über Clemens von Alexandrien und Origenes zu Augustin gekommen war, wurde später von der Kirche größtenteils wieder aufgegeben. Man unterschied dann eine creatio prima, in der das Chaos, und eine in sechs Tagen verlaufende creatio secunda, in der die Vielheit der Dinge geschaffen worden sei. Der Barnabasbrief aus dem 2. Jahrhundert läßt die sechs Schöpfungstage 6×1000 Geschichtsjahren entsprechen, da vor dem Herrn ein Tag gleich tausend Jahren sei.

seines Selbstwillens als diesem untergeordnetes, von ihm mit umfaßtes Moment realiter ewig vorhandene Welt durch einen zeitlosen, die Zeit und alles zeitliche Geschehen begründenden Willensakt zu einer auch in sich seienden Objektivität verwirklicht hat"[16]). Kürzer und faßlicher ist die Definition des katholischen Dogmatikers Joseph Pohle, wie sie ähnlich schon die Scholastik formuliert hatte: „Schöpfung ist die Hervorbringung eines Dinges aus nichts".

Für die christliche Weltanschauung ist die Erschaffung der Welt ein Fundamentaldogma, „die Grundlage, mit der die christliche Weltanschauung steht und fällt". Darin stimmen die katholischen und protestantischen Dogmatiker ebenso überein, wie die katholischen und protestantischen Naturphilosophen[17]). Die Existenz der Welt erfordert nach ihrer Meinung einen allmächtigen Urheber, die angebliche Ordnung und Zweckmäßigkeit der physischen Welt einen allweisen, die behauptete „sittliche Weltordnung" einen gerechten und allgütigen Lenker der Welt. Für den Historiker der menschlichen Vernunft ist die Schöpfungslehre ein lebendes Fossil auf geistigem Gebiet, dessen eigentliche Zeit das supranaturalistisch denkende Mittelalter ist. Denn seitdem die theologisch-mythologische Denkweise einer wissenschaftlich-logischen Platz zu machen begann, seitdem die abendländische Menschheit nicht mehr bloß gläubig, sondern auch kritisch im „Buch der Bücher" und in den Schriften von Plato und Aristoteles las, seitdem sie sich insbesondere vorurteilslos und ohne theologische Hintergedanken in das Buch der Natur vertiefte — seitdem verlor die Schöpfungslehre ihren Boden in der Weltanschauung mehr und mehr; sie ist jetzt für die Naturforschung und die Philosophie, vereinzelt auch für die Theologie, so gut wie abgetan. Es liegt uns ob, auch diese für die Schöpfungslehre absteigende Linie der Entwicklung zu verfolgen, die ihr Gegenstück in einer ansteigenden hat, aufsteigend zu einer naturalistischen, den Supranaturalismus prinzipiell ablehnenden Welterklärung. Die Richtung dieser Entwicklung wird bestimmt durch eine ganze Anzahl von Momenten, die zum Teil nebeneinander, zum

[16]) A. Scholkmann, Grundlinien einer Philosophie des Christentums. — 1896, S. 292 f. Joseph Pohle, Lehrbuch der Dogmatik, Bd. I, 6. A. 1914. S. 396. — [17]) Vgl. Pohle (Anm. 16), S. 394 ff.; R. Eckardt, Der christliche Schöpfungsglaube. 1912, S. 52; E. Dennert, Der Darwinismus und sein Einfluß auf die heutige Volksbewegung. 1907, S. 14; E. Wasmann, Die moderne Biologie und die Entwicklungslehre, 3. A. 1906.

Teil nacheinander auftreten und sich gegenseitig ergänzen und verstärken bis zur völligen Bestimmtheit. Die wichtigsten dieser Momente sind:

1. Das logische Zuendedenken der christlichen Dogmen durch die Scholastik;
2. Die Wendung vom Dogma und von der Autorität zu selbständigem Forschen und Denken in der Renaissance;
3. Die Entthronung der höchsten Autorität des Mittelalters, der Kirche, durch Luther;
4. Die Entwertung der Bibel als Wahrheitsnorm durch die Bibelkritik, beginnend mit Spinozas Theologisch-politischem Traktat;
5. Die Zerstörung des kirchlichen Weltbildes durch Columbus und Kopernikus;
6. Die Einführung einer wissenschaftlichen Forschungsmethode durch Leonardo da Vinci, Galilei und Baco von Verulam;
7. Die Begründung der wissenschaftlichen Mechanik durch Galilei und ihre Anwendung auf den Kosmos durch Kepler, Newton, Herschel Lagrange und Laplace;
8. Die Kritik der reinen Vernunft durch Locke, Hume und Kant;
9. Die Begründung des Substanzgesetzes durch Lavoisier und Robert Mayer;
10. Die Begründung der Entwicklungslehre durch Lamarck, Darwin und Haeckel;
11. Die Begründung der physiologischen Psychologie und der Nachweis durchgängiger Abhängigkeit des seelischen Geschehens von der körperlichen Mechanik;
12. Die Begründung und Ausbildung der monistischen Philosophie durch Giordano Bruno und Spinoza, Goethe und Haeckel.

Die Überwindung der Schöpfungslehre.

In der kirchlichen Dogmatik, wie sie von den Kirchenvätern auf Grund der biblischen Texte ausgebildet worden war, erhielt das Denken des Mittelalters sein Material und seinen Maßstab. „Major est scripturae auctoritas quam omnis humani ingenii capacitas.“ Damit hatte Augustin das erkenntnis-theoretische Grundgesetz des Mittelalters ausgesprochen. Nichts ist wahr, nichts als wahr anzunehmen oder auszusprechen erlaubt, als was mit dem Worte Gottes in der Heiligen Schrift

übereinstimmt, oder ihm zum mindesten nicht widerspricht. Nach diesem Leitsatz hatte die Patristik die kirchlichen Dogmen festgestellt und sie der Scholastik überliefert. Diese konnte also gar nichts anderes tun, als sich der fertig zugewiesenen „Wahrheit“ zu bemächtigen, sie zu systematisieren und mit den Mitteln der Vernunft auch dieser selbst als Wahrheit zu beweisen. Philosophia theologiae ancilla. Die einzig anwendbare Methode für eine solche Dienstarbeit ist die deduktiv-dialektische, die von den axiomatischen Sätzen durch korrekt geformte Syllogismen-Ketten zur Erkenntnis von Einzelwahrheiten zu gelangen sucht. Das Ergebnis des Denkens ist bei dieser Methode von vornherein unverrückbar fest bestimmt durch den Ausgangspunkt; ein Verfehlen dieses Punktes wird zur Irrlehre, zur Heterodoxie und Häresie, dem schlimmsten aller Verbrechen, das diese völlig intellektualistisch gerichtete Theologie-Philosophie kennt. So kam dasselbe Denkmaterial sechs Jahrhunderte lang immer wieder in die scholastische Denkmühle, wo es mit Definitionen und Divisionen, Distinktionen und Konklusionen so völlig zu Staub verarbeitet wurde, daß schließlich die Mühle selbst, da ihr kein neues Erfahrungsmaterial zugeführt wurde, notwendig leerlaufen mußte[18]).

Waren schon von Anfang an die spezifisch christlichen Dogmen, die Trinität, die Inkarnation u. a., von der Begründbarkeit durch die menschliche Vernunft ausdrücklich ausgenommen worden, so ergab die bis zum äußersten durchgeführte Bearbeitung der übrigen theologischen Lehrsätze im Laufe der Zeit auch deren Unvereinbarkeit mit vernünftigem Denken. Die Namen Albertus Magnus, Thomas von Aquino, Duns Scotus und endlich Wilhelm von Ockham bezeichnen einzelne Stufen dieser Entwicklung. Sie führte zu einer offenbaren Divergenz von Glauben und Vernunft, die zwar eine Zeitlang durch die Theorie der „doppelten Wahrheit“ ein friedliches Nebeneinander bleiben konnte[19]), schließlich aber doch zu einem unerträglichen

---

[18]) Über die scholastische Philosophie Ueberweg-Heinze II, Aufl. 1915: Grundriß der Geschichte der Philosophie der patristischen und scholastischen Zeit, bearb. von H. Baumgartner. Ferner Fr. A. Lange, Geschichte des Materialismus, Bd. I; L. Feuerbach, Geschichte der neueren Philosophie (1833), hgg. von Fr. Jodl. 1906. — [19]) Über die doppelte Wahrheit Maywald, die Lehre von der zweifachen Wahrheit, ein Versuch der Trennung von Theologie und Philosophie im Mittelalter. 1871. Diese Lehre behauptete, es könne etwas theologisch falsch, aber philosophisch wahr sein, und umgekehrt. Heute hilft man sich mit zwei „Erkenntnisquellen“: Gemüt und Verstand.

Gegensatz wurde. Die Mystik flüchtete aus diesem Gegensatz in die intellektuell neutrale Tiefe des bloßen Fühlens, die Reformation ergriff die Partei des Glaubens wider die Vernunft, die Naturforschung und Philosophie der Renaissance diejenige der Vernunft wider den Glauben. Im weiteren Verlauf dieser Entwicklung setzte die katholische Kirche unentwegt das Denken der Scholastik fort, während die protestantische, unglücklich auf beiden Seiten hinkend, immer mehr das innere Gleichgewicht, Einheit und Lebensfähigkeit verlor. Inkonsequentes Transzendieren von der einen zur andern Seite war auch in der Philosophie und Naturwissenschaft noch häufig, besonders im siebzehnten und achtzehnten Jahrhundert. Kant, der „Philosoph des Protestantismus", der im Gebiet der Religion das Wissen aufhob um dem Glauben Platz zu schaffen, kehrte im gewissen Sinne zur Lehre von der doppelten Wahrheit zurück[20]). Und bis heute noch hat die durch die Denkarbeit der Scholastik offenbar gewordene Diskrepanz einen Stachel des Zweifels zurückgelassen, der vielfach sowohl dem Glauben als auch der Vernunft und Wissenschaft im Fleische sitzt und gelegentlich von der Gegenseite mit Geschick und Bosheit noch tiefer hineingetrieben wird. Kraftloser Skeptizismus, ein resigniertes „Ignorabimus", eine trostlose „Ignoranz-Theorie" ist das Ergebnis.

Goethe hat diejenigen, die wissenschaftlich-vernünftiges Denken und religiösen Glauben (im Sinne der Tradition) in sich zu vereinigen suchen, mit einem treffenden Wort als „Denkgläubige" bezeichnet, und er nennt das Glaubensbekenntnis eines solchen Menschen eine betrübende Erscheinung, weil es auf Halbheit und kümmerlicher Akkommodation beruhe. Man müsse entweder den Glauben an die Tradition festhalten, ohne sich auf ihre Kritik einzulassen, oder, wenn man sich der Kritik ergebe, jenen Glauben fahren lassen. Ein Drittes sei nicht denkbar[21]).

Die Kritik des traditionellen Glaubens setzte, ungewollt, mit der Scholastik ein. Im besonderen auch die Kritik der Schöpfungslehre. Von der scholastischen Behandlung derselben gibt die „Summa de crea-

---

[20]) Auf die Tatsache der „beiden Kante" hat besonders E. Haeckel scharf hingewiesen (Welträtsel, Kap. 19, Lebenswunder, Kap. 19). Neuerdings hat Vaihinger (Die Philosophie des Als Ob, 2. A. 1913. S. 657) die „doppelte Wahrheit" Kants dargelegt. Ich fand diese Stelle, nachdem ich jene Bezeichnung im Text schon gebraucht hatte. — [21]) Goethes Gespräche, neu hgg. von F. v. Biedermann, Bd. IV, 1910, S. 203: Gespräch mit dem Kanzler Müller am 8. Juni 1830.

turis" des Albertus Magnus im dreizehnten Jahrhundert einen guten Begriff. Da wird zuerst die Frage aufgeworfen: Ob eine Schöpfung überhaupt anzunehmen sei? Gegen die Annahme einer solchen werden zunächst, nach der berühmten „Sic et non-Methode" Peter Abälards, mehrere Einwürfe angeführt, so zum Beispiel: Alles, was ist, ist entweder Substanz oder Akzidenz, also muß auch die Schöpfung wenn sie ist, Substanz oder Akzidenz sein; sie ist aber weder Substanz noch Akzidenz — also ist sie nicht! Oder: der Begriff der Schöpfung fällt unter keines der zehn Prädikamente*) — also gibt es keine Schöpfung usw. Darauf folgen die Gründe, mittelst deren diese Schwierigkeiten erledigt werden: zuerst natürlich der Hinweis auf das Wort Gottes, Genesis 1, 1; sodann der Satz: es könne allem Sein nur eine, die höchste Kausalität zugrunde liegen; endlich die Berufung auf Aristoteles, den die Scholastik zum geheiligten „praecursor Christi in rebus naturalibus" erhoben hatte, und an dessen Worten ebensowenig zu zweifeln war wie am Worte Gottes. Auf ähnliche Weise werden weiterhin gründlich erörtert die Fragen: Was Schöpfung sei? Wem der Akt des Schaffens eigen sei? Ob das Schaffen von Gott aus an andere mitteilbar sei? Ob die Schöpfung eine Naturnotwendigkeit oder ein Willensakt sei? Ob die Schöpfung mehr die Macht, oder die Weisheit, oder die Güte Gottes offenbare? Ob das Schaffen ein natürlicher oder wunderbarer Akt sei[22]?

Eine derartige Behandlung war nur geeignet, die Schwierigkeiten der kirchlichen Schöpfungslehre mehr und mehr hervorzuheben. Aber auch gegen die Allmacht der Tradition erhoben sich die Stimmen in zunehmender Zahl, je weiter die Scholastik vorschritt. Schon im neunten Jahrhundert hatte Johannes Scottus (Eriugena) für den Fall einer Kollision zwischen Autorität und Vernunft dieser den Vorrang zugesprochen, und dieser Geist der Selbständigkeit, obwohl durch die Kirche immer wieder verdammt und niedergehalten, lebte weiter von Jahrhundert zu Jahrhundert, um bei Gelegenheit immer wieder zu rebellieren. Seit der Mitte des elften Jahrhunderts zogen Philosophi, Sophistae, Peripatetici durch die Lande und hielten, wie einst die griechischen Sophisten, unerhört kühne Vorträge. Sie bestritten die Autorität der Schrift und der Kirchenväter, zerzausten die christlichen Dogmen und

---

[22]) Alberti Magni Opera Omnia ed. Borquet, Bd. 34, Paris 1895.

*) Prädikamente sind Kategorien, deren Aristoteles zehn unterschieden hatte, oberste Begriffe, unter denen alles Gegebene subsumiert werden könne.

proklamierten die Alleinherrschaft der Vernunft. Der Wortführer dieser Freidenker des Mittelalters war Berengar von Tours († 1088). Allein die Reaktion der Kirche, geführt von Peter Damiani und Anselm von Canterbury, forderte und erreichte von neuem unbedingte Unterwerfung unter die Norm und Autorität der Heiligen Schrift. Der „Sklavenaufstand der Vernunft" wurde unterdrückt, wenn auch nicht völlig. Peter Abälard († 1142) betont die große Bedeutung des methodischen Zweifels für die Erkenntnis: Dubitando ad inquisitionem venimus, inquirendo veritatem percipimus. Wilhelm von Conches (1080 bis 1145) will sich wohl in geistlichen Dingen an die Autorität der Kirchenväter binden, nicht aber in der Naturlehre. Er nimmt Demokrits Atomenlehre auf und verteidigt sie. Albertus Magnus (1206—1280) verlangt, daß philosophische Fragen philosophisch, nicht theologisch behandelt werden. Im besonderen meint er, ganz wie Haeckel 600 Jahre später, daß die Frage nach dem Anfang der Welt kein physisches Problem und mit den Mitteln der Physik nicht zu lösen sei[23]). Sie falle überhaupt nicht in den Bereich der Philosophie, sei vielmehr eine Sache des Glaubens. Roger Baco (1210—1292) übt an der theologisch-scholastischen Methode schärfste Kritik, forscht und experimentiert mit hingebendem Eifer und wird durch seine scientia experimentalis zu einem Vorläufer von Francis Bacon. Dietrich von Freiberg (1250 bis 1310) betont mit größtem Nachdruck die Bedeutung der Erfahrung für das Wissen; ihr müsse sogar die Autorität des Aristoteles weichen. Immer freier erhebt sich der abendländisch-freie Geist über die orientalisch-mittelalterliche Gebundenheit, immer heftiger werden die Wehen seiner „Wiedergeburt".

Leonardo da Vinci (1452—1519), dieses Wunder an Geisteskraft und Klarheit, bestimmt als Grundlagen der Wissenschaft Erfahrung und Experiment. Die Erfahrung irrt nie, nur das Urteil irrt, indem es Wirkungen erwartet, die nicht eintreten. Das richtige Urteil kommt

---

[23]) Über den Aufstand der Vernunft s. Baumgartner (Ueberweg-Heinze II), ferner Ueberweg-Heinze III, 11. Aufl. 1915 (hgg. von Frischeisen-Köhler). Über den „Anfang" der Welt sagt E. Haeckel (Natürliche Schöpfungsgeschichte 1. Aufl. 1868 bis 11. A. 1909, S. 7, 8): „Die Schöpfung im engern Sinne, als die Entstehung der Materie, geht uns hier gar nichts an. Dieser Vorgang, wenn er überhaupt jemals stattgefunden hat, ist gänzlich der menschlichen Erkenntnis entzogen und kann daher auch niemals Gegenstand naturwissenschaftlicher Erforschung sein." Die Entstehung der Materie ist aber doch neuerdings ein naturwissenschaftliches Problem geworden; vgl. Kap. 6: Hylogenesis.

vom richtigen Verstehen her, dieses aus der Vernunft, die aus guten Regeln hervorleuchtet. Die guten Regeln aber sind Sprößlinge der rechten Erfahrung, aus der als aus ihrer gemeinsamen Mutter alle Wissenschaften und Künste hervorgehen. Alle Weisheit ist ein Kind der Erfahrung. Die Geisteswissenschaften, die nicht auf Erfahrung beruhen und nicht durch die fünf Sinne eingehen, sind leer. Die Erfahrung lehrt, daß alles Geschehen in der Natur notwendig durch das Gesetz der Ursache und Wirkung bestimmt ist, und die Natur bricht ihr Gesetz nicht. Wunder und spirituelle Eingriffe gibt es nicht. Die Notwendigkeit der Natur zu erkennen, die Phantastik und Sophistik aus den Wissenschaften auszutreiben, vermag aber nur die Mathematik. In ihr allein findet Leonardo, wie vor ihm Roger Baco und nach ihm Galilei, die Wahrheit.

Leonardo da Vinci hatte offenbar mit dogmatischer Religion nichts mehr zu schaffen und war doch voll tiefer Frömmigkeit, voll ehrfürchtiger Schauer gegenüber den Wundern der Natur; er war ein Forscher, dem aus der großen Erkenntnis die große Liebe entsprang, der amor dei sive naturae, wie bei Spinoza, bei Goethe und Haeckel. Darüber hinaus gaben Wissenschaft und Technik, die Kunst im weitesten Sinne, schon ihm das Gefühl, das sich im Vorschreiten immer mehr verstärkte und bei Goethe zum bewußten Ausdruck gelangte: „Allah braucht nicht mehr zu schaffen, wir erschaffen seine Welt“[24]).

Von nun an mehren sich die Zeugen für die mündig gewordene Vernunft in unübersehbarer Reihe, bis im Jahre 1566 Bernhard Telesius das Leitmotiv der neuen Zeit als Titel auf sein Hauptwerk setzt: „De natura rerum juxta propria principia“: aus sich selbst, nicht mehr aus theologischen Prinzipien, ist fortan die Natur zu verstehen und zu erklären. Als dann im siebzehnten Jahrhundert Francis Bacon, Galilei und Descartes die Induktion, deren Notwendigkeit seit Albertus Magnus in steigendem Maße eingesehen worden war, als die Grundmethode der Wissenschaft proklamierten, da war die Antithese des neuen Geistes gegenüber dem mittelalterlichen voll zum Bewußtsein gekommen.

Indessen war dem alten Geist von religiöser Seite her doch noch einmal für zwei Jahrhunderte zum Sieg verholfen worden. Luther,

---

[24]) Über Leonardo da Vinci: Marie Herzfeld, L. d. V., der Denker, Forscher und Poet. 2. A. 1906; W. v. Seidlitz, L. d. V., Bd. II, 1909. Die Enthebung „Allahs“ von seinem Schöpferberuf bei Goethe, Westöstlicher Divan, Buch Suleika, Wiederfinden.

der unerschrockene Gegner des Papstes und der Konzilien, zertrümmerte die Autorität der kirchlichen Tradition, aber nur, um dafür die Autorität des Bibelwortes um so höher zu stellen. Ihm war die Schrift mehr denn aller Menschen Gedanken, Fühlen und Erfahren. „Wider alles, was die Vernunft eingibt oder ermessen oder ausforschen will, ja was alle Sinne fühlen und begreifen, müssen wir lernen am Wort halten“[25]. Die „Freiheit des Forschens“, welche die Reformatoren forderten und gaben, war die Freiheit des Forschens, d. i. des gläubigen Lesens in der Schrift, nicht mehr. Diese bildete für die lutherische Orthodoxie das Maß der Wahrheit, unvergleichlich viel mehr als in der katholischen Kirche, wo ihre Autorität doch einigermaßen durch Konzil und Papst beschränkt war. „In Frankreich errichtete soeben Montaigne und noch bestimmter in England der scharfsinnige Bacon von Verulam mit echt wissenschaftlichem Geiste die unumstößlichen Grundlagen freier Forschung; in Deutschland dagegen war die Philosophie fortan nur die geschäftige Anleitung zu eitlen theologischen Klopffechtereien, welche als Summe und Ziel alles geistigen Lebens galten. Entsprechend war das Schicksal der Naturwissenschaft. Kepler wurde nicht eingekerkert wie Galilei; aber da er sich weigerte, die Konkordienformel zu unterschreiben, mußte er sich in Not und Verbannung verzehren“[26].

Innerhalb der protestantischen Kirche setzten die Mystiker, ein Kaspar Schwenckfeld, Sebastian Franck und Jakob Böhme, die innere Überzeugung über den Schriftglauben. Aber was vermag bloß innere Überzeugung gegen eine andere, ebenfalls bloß innere Überzeugung? Wirksam konnte der Schriftglaube erst angegriffen werden mit den Mitteln objektiver Kritik. Es war Spinoza, der in seinem „theologisch-politischen Traktat“ vom Jahre 1670 die Bibelkritik auf feste Füße stellte, nachdem sie sich schon früher, zuerst bei Ibn Esra (1092—1167), in zaghaften und verschleierten Versuchen zu regen begonnen hatte. Durch sein Prinzip, daß die richtige Deutung einer Schriftstelle nicht mit der Wahrheit der Sache selbst zu verwechseln sei, hatte Spinoza die Möglichkeit einer von dogmatischen Voraussetzungen freien historisch-kritischen Behandlung der Bibel gewonnen. Sein Traktat scheint indessen wenig beachtet worden zu sein, war doch alles, was von dem verfluchten Gottesleugner kam, von vornherein

---

25) Luther, Auslegung des XV. Kapitels der 1. Epistel an die Korinther, Vers 2. — 26) H. Hettner, Literaturgeschichte des 18. Jahrhunderts III, 1, 4. A.

verrufen und geächtet. Aber David Friedrich Strauß hat recht: „Die subjektive Kritik des einzelnen ist ein Brunnenrohr, das jeder Knabe eine Weile zuhalten kann; die Kritik, wie sie im Laufe der Jahrhunderte sich objektiv vollzieht, stürzt als ein brausender Strom heran, gegen den alle Schleusen und Dämme nichts vermögen“[27]). Diese Kritik der Jahrhunderte, von Spinoza und Astruc bis auf David Friedrich Strauß und Bruno Bauer nebst ihren Nachfolgern im neunzehnten Jahrhundert, zusammen mit der Erstarkung des wissenschaftlichen Geistes überhaupt und des Selbstvertrauens der menschlichen Vernunft, hat für die vorurteilslose Auffassung der Gegenwart die Bibel zu einem Stück orientalischer Literatur werden lassen, das mit keinem anderen Wertmaßstab zu messen ist als etwa der Zendavesta oder der Rigveda[28]). Folglich sind auch ihre „Berichte“, z. B. der Schöpfungsbericht, dem kritischen Urteil der Vernunft unterworfen, nicht aber hat sich dies nach jenen zu richten.

Schon Spinoza, dieser große „Erlöser der Vernunft“, konnte sich nicht genug darüber wundern, daß man „dieses köstliche Geschenk und göttliche Licht“, eben die Vernunft, toten Buchstaben untergeordnet hatte, und seine Philosophie war ein machtvoller Versuch, sie gegenüber allen „Ausgeburten der Phantasie, Träumen und kindischen Albernheiten“ wieder in ihre Rechte einzusetzen. Aber erst die „Aufklärung“ des achtzehnten Jahrhunderts vollendete sein Werk, befreite den Menschen aus seiner „selbstverschuldeten Unmündigkeit“ und gab ihm den Mut, sich seines eigenen Verstandes zu bedienen. Die Aufklärung nahm das vorzeitig unterbrochene Werk der Reformation nicht nur wieder auf, sondern sie bildete es selbständig und eigenartig weiter. Die Reformation ist theologisch, die Aufklärung philosophisch. Locke und Hume wirkten aufklärend in England und darüber hinaus. Kant, der größte Philosoph der Aufklärung und ihr Vollender, gab der auf Erfahrung ruhenden Vernunft ihre Autonomie als unverlierbares Eigentum zurück, während er zugleich die Anmaßungen

---

[27]) D. Fr. Strauß (Anm. 15), Vorrede. — [28]) Den positiven Gewinn der kritischen Bibelforschung hat Goethe in seinen Maximen und Reflexionen sehr treffend gekennzeichnet. „Ich bin überzeugt, sagt er, daß die Bibel immer schöner wird, je mehr man sie versteht, d. h. je mehr man einsieht und anschaut, daß jedes Wort, das wir allgemein auffassen, und im besonderen auf uns anwenden, nach gewissen Umständen, nach Zeit- und Ortsverhältnissen einen eigenen, besonderen unmittelbar individuellen Bezug gehabt hat.“ Mit dieser Einsicht ist allerdings der Bibel jede dogmatische Bedeutung genommen.

der „reinen Vernunft", die, sich über alle Erfahrungen hinwegsetzend, aus sich selbst zu Erkenntnissen höherer Art zu gelangen vorgegeben hatte, ein für allemal zurückwies. Treffend charakterisiert er die Stufen der Entwicklung in Sachen der reinen Vernunft folgendermaßen: „Der erste Schritt, der das Kindesalter derselben auszeichnet, ist dogmatisch. Der zweite Schritt ist skeptisch und zeugt von Vorsichtigkeit der durch Erfahrung gewitzigten Urteilskraft. Nun ist aber noch ein dritter Schritt nötig, der nur der gereiften und männlichen Urteilskraft zukommt, welche feste und ihrer Allgemeinheit nach bewußte Maximen zum Grunde hat: nämlich nicht die Fakta der Vernunft, sondern die Vernunft selbst nach ihrem ganzen Vermögen und Tauglichkeit zu neuen Erkenntnissen a priori der Schätzung zu unterwerfen, welches Kritik der Vernunft ist, wodurch nicht bloß Schranken, sondern bestimmte Grenzen derselben, nicht bloß Unwissenheit an einen oder andern Teil, sondern in Ansehung aller möglichen Fragen von einer gewissen Art, und zwar nicht etwa nur vermutet, sondern aus Prinzipien — mit völliger Gewißheit — bewiesen wird"[29]. Und das Ergebnis dieser Kritik lautet: „Alle Erkenntnis von Dingen aus bloßem reinem Verstande oder reiner Vernunft ist nichts als lauter Schein, und nur in der Erfahrung ist Wahrheit".

Speziell mit Bezug auf die Schöpfung gibt Kant die Erklärung ab, daß sie als Begebenheit unter den Erscheinungen nicht zugelassen werden könne, indem ihre Möglichkeit allein schon die Möglichkeit der Erfahrung aufheben würde. Ordnung aber und Zweckmäßigkeit in der Natur seien aus Naturgründen und nach Naturgesetzen zu erklären; „und hier sind selbst die wildesten Hypothesen, wenn sie nur physisch sind, erträglicher als eine hyperphysische, d. i. die Berufung auf einen göttlichen Urheber, den man zu diesem Behuf voraussetzt".

Seinen mechanistischen Grundsätzen gemäß hatte Kant schon im Jahre 1755 eine Theorie über den Ursprung des Weltgebäudes gewagt, die den „Demiurgen" Platos und der Genesis unnötig machte. Um die Voraussetzungen und die Bedeutung dieser Theorie in Hinsicht auf die Theologie und Teleologie zu verstehen, müssen wir zurückgreifen und die Entwicklung des modernen Weltbildes in ihren prinzipiell wichtigen Zügen verfolgen.

---

[29]) Kant, Kritik der reinen Vernunft, 2. A. 1789, S. 251. Über die Schöpfung ebenda S. 789. Über die Erklärung der Ordnung und Zweckmäßigkeit in der Natur aus Naturgesetzen ebenda S. 800 f.

Von der theologischen zur naturalistischen Weltanschauung.

Im Weltbild des Mittelalters nahm die Erde, unbeweglich, den Mittelpunkt des Weltalls ein, und dieses Weltall war eng begrenzt durch die Himmelssphären, an denen Gott oder seine Engel die großen und kleinen Lichter des Himmels zum Nutzen und Ergötzen der Erdbewohner spazieren führte. Diesem geo- und anthropozentrischen Weltbild gegenüber erwähnt Albertus Magnus im dreizehnten Jahrhundert die Lehre der Pythagoreer und italischen Philosophen von der täglichen Bewegung der Erde um das Zentralfeuer und die Ansicht, daß die Erde ein Stern unter Sternen sei. Er selbst lehnt diese Lehre ab.

Im vierzehnten Jahrhundert berichtet Johannes Buridan: „Nach einer Imagination, die ich in demonstrativer Weise nicht zu widerlegen weiß, hat Gott seit Erschaffung der Welt die Himmel mit Bewegungen begabt, die identisch sind mit denen, in welchen sie sich in Wirklichkeit bewegen. Er hat ihnen damals impetus eingeprägt, durch welche sie sich fortwährend gleichmäßig bewegen. Diese impetus werden, da jeder Widerstand, der ihnen entgegengesetzt wäre, fehlt, niemals aufgehoben noch geschwächt. Nach dieser Imagination ist es nicht nötig, die Existenz von Intelligenzen anzunehmen, welche die Himmelskörper bewegen, ja noch mehr, es ist nicht nötig, daß Gott sie bewegt, außer in der Form des allgemeinen Einflusses, durch den er bei allem, was ist, mitwirkt" [30]). In diesen Sätzen liegt, wenn auch in völlig spekulativer und theologisch verhüllter Form, der Anfang der modernen Himmelsmechanik, die nur mit natürlichen Kräften rechnet und auf Gott als erklärendes Prinzip verzichtet.

Noch im Jahrhundert Buridans trägt Nicolaus von Oresme die Lehre von der täglichen Bewegung der Erde und von der Ruhe des Himmels mit größter Bestimmtheit und Klarheit vor. Ebenso Nicolaus von Cusa im fünfzehnten Jahrhundert. Im sechzehnten ersetzt Nicolaus Kopernikus in wissenschaftlicher Beweisführung die geozentrische Weltanschauung durch eine heliozentrische. Noch in demselben Jahrhundert nimmt Giordano Bruno auch die Sonne aus dem Mittelpunkt der Welt und macht sie zu einem Stern unter Sternen, in einer Unendlichkeit, die keinen Mittelpunkt kennt. Sein Weltblick dringt in unermeßliche Fernen, in denen unzählbare Sterne,

---

[30]) Ueberweg-Heinze-Baumgartner (Anm. 18), S. 625. Ebenda über Nicolaus von Oresme.

Gestirne, Weltkugeln, Sonnen und Erden sichtbar zur Erscheinung gelangen und zu dem Vernunftschluß auf zahllose andere berechtigen. Und überall im Weltall ist derselbe Stoff, wirkt dieselbe Kraft, herrscht dieselbe Ordnung, regiert dasselbe Gesetz. „Hell auf glänzte ihm nun die Schönheit der Welt.“

Unter dem überwältigenden Eindruck seiner Einheits- und Unendlichkeitsidee wird Bruno zum entzückten Verehrer des Unendlichen, zum Kosmotheisten, Pantheisten. „Eine endliche Welt könnte Gottes Geschöpf sein; zu der unendlichen Welt kann sich Gott nur verhalten wie die Ursache zur Wirkung. Und wie Ursache und Wirkung eins sind, insofern sich die Ursache in der Wirkung erhält, so sind Gott und Welt eins, so ist Gott das innerlich wirkende Prinzip der Natur“[31]). Ihm ziemts, die Welt im Innern zu bewegen, Natur in sich, sich in Natur zu hegen. Spinozas „Deus sive natura“, Goethes und Haeckels „Gott-Natur“ haben in Giordano Bruno ihren ersten enthusiastischen Ausdruck gefunden. Der Theismus — Ontheismus in Haeckels Terminologie — schlägt um in Pantheismus, der Theomonismus in Physiomonismus. Denn „hat ein Forscher den großen Gedanken gefaßt, alles was ist mit Notwendigkeit geschehen zu lassen, Gesetze anzunehmen und einen unsterblichen Stoff, dessen Verhalten geregelt ist, so gibt es im Grunde keinerlei Versöhnung mehr mit der Religion“[32]). Fügen wir einschränkend hinzu: mit der Religion im alten, theistischen Sinn. Denn daß auch der Pantheismus und Physiomonismus zu religiöser Kraft und Würde gelangen können, bezeugen uns Giordano Bruno und Spinoza, Goethe und Haeckel.

Goethe hat aufgezählt, was alles durch Kopernikus — mehr wohl durch Giordano Bruno — in Dunst und Rauch aufgegangen sei: ein zweites Paradies, eine Welt der Unschuld, Dichtkunst und Frömmigkeit, das Zeugnis der Sinne, die Überzeugung eines poetisch-religiösen Glaubens. „Vielleicht ist noch nie eine größere Forderung an den Menschen

---

[31]) A. Riehl, Einführung in die Philosophie der Gegenwart, 1903, S. 25. Vgl. auch Riehl, Giordano Bruno. 2. A. 1900. Die Literatur über Giordano Bruno bei Ueberweg-Heinze III. — [32]) Fr. A. Lange, Geschichte des Materialismus, Bd. I, 6. A. S. 149. Die Unterscheidung von Theomonismus und Physiomonismus zuerst in meinem Aufsatz „Darwinismus und Monismus“, in „Europa“, Wochenschrift für Kultur und Politik, 1905, 7. Heft, S. 322: „Jener behauptet die Einzigkeit Gottes und hebt die Eigenexistenz der Welt auf (= Akosmismus); dieser behauptet die Einzigkeit der Welt (Natur) und hebt die Eigenexistenz Gottes auf (= Atheismus).“

geschehen. Kein Wunder, daß man sich auf alle Weise einer solchen Lehre entgegensetzte, die denjenigen, der sie annahm, zu einer bisher unbekannten, ja ungeahnten Denkfreiheit und Großheit der Gesinnungen berechtigte und aufforderte"[33]). Am Ende des sechzehnten Jahrhunderts lodert Giordano Brunos Scheiterhaufen auf. Aber auch das alte Weltbild war in Flammen aufgegangen und das neue, das er zuerst im Geist erschaut hatte, wurde von der Wissenschaft der nächsten drei Jahrhunderte beinahe Zug um Zug bestätigt.

Im siebzehnten Jahrhundert entdeckt Galilei die Fallgesetze und begründet in exakter Weise die Wissenschaft von den Bewegungen, die Mechanik. Kepler berechnet mit ihrer Hilfe die Gesetzmäßigkeit der Planetenbewegungen. Huygens löst die ersten Aufgaben der Dynamik mehrerer Massen, während Galilei sich noch durchweg auf die Dynamik eines Körpers beschränkt hatte; er entdeckt die Gesetze der Kreisbewegung. Damit waren die Elemente gegeben, mit denen Newton in seinen „Mathematischen Prinzipien der Naturphilosophie" vom Jahre 1687 ein einheitliches, die gesamte irdische und himmlische Mechanik umfassendes System erbaute. Der ganze Kosmos erscheint nun als eine große, auf einfachste mechanische Prinzipien zurückführbare Maschine, die durch die Gravitation allein im Gang gehalten wird. Alles Weltgeschehen ist unabänderlich bestimmt durch die Gesetze der Mechanik und bedarf keiner göttlichen Eingriffe[34]).

Aber gerade die Vollkommenheit dieses ungeheuren Weltmechanismus, gerade die kosmische Ordnung und Gesetzmäßigkeit ist Newton ein Beweis ihres Ursprungs aus einer göttlichen Intelligenz und Macht. Der Schöpfer wird ihm zu einem allweisen Maschinen-Ingenieur, der sein Werk so vollkommen entstehen läßt, daß es in der Folge sich selbst überlassen bleiben kann.

---

[33]) Goethe, Materialien zur Geschichte der Farbenlehre. Cottasche Jubiläum-Ausgabe Bd. 40, S. 185. In seinen Gesprächen mit dem Kanzler von Müller (26. Februar 1832) nannte Goethe die kopernikanische Entdeckung die größte, erhabenste und folgenreichste Entdeckung, die je der Mensch gemacht hat; sie sei in seinen Augen wichtiger „als die ganze Bibel". Fr. A. Lange berichtet (I, 191): „‚Die Erde bewegt sich' wurde bald der Satz, durch den der Glaube an die Wissenschaft und an die Untrüglichkeit der Vernunft sich schied von blindem Festhalten an der Überlieferung. "— [34]) Über die Begründung und Ausbildung der Mechanik durch Galilei, Kepler, Huygens, Newton usw. s. E. Mach, die Mechanik in ihrer Entwicklung, 7. A. 1912; E. Dühring, Kritische Geschichte der allgemeinen Prinzipien der Mechanik, 1873.

Noch im Jahre 1750 entwickelt Maupertuis in seinem „Essai de cosmologie" den Standpunkt des Deismus, der durch Newton seine mathematische Begründung erhalten zu haben schien. Allein schon fünf Jahre später wendet sich Kant in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte und Theorie des Himmels" gegen diese Auffassung, in ausgesprochener Polemik gegen Newton. Ihm wäre es „eine betrübte Erschließung, bei einer zusammengesetzten und noch weit von den einfachsten Grundgesetzen entfernten Beschaffenheit die Bemühung der Untersuchung aufzugeben und sich mit der Anführung des unmittelbaren Willens Gottes zu begnügen". Er läßt das Weltsystem „ohne Beihilfe willkürlicher Erdichtungen" aus einem vorausgesetzten Chaos entstehen, „bloß durch mechanische Gesetze", bloß durch die Wirkung der Anziehung, „einer ursprünglichen Bewegungsquelle, die keiner fremden Ursache bedarf". Die materiellen Elemente „sind sich selber eine Quelle des Lebens". Das ist, deutlich genug, der reine Naturalismus. Man braucht bloß noch, wie Kant es tut, einen „Abgrund der Ewigkeiten" anzunehmen, von dem Welten und Weltordnungen verschlungen werden, während die Schöpfung (die natura naturans) „immerfort geschäftig ist, in andern Himmelsgegenden neue zu errichten" — und auch die creatio prima der christlichen Schöpfungslehre, die Schöpfung des Chaos, wird zu einer überflüssigen Annahme[35]). Man begreift, daß ein von supranaturalistischen Anwandlungen und Rücksichten völlig freier Forscher und Denker, wie Laplace, in seiner „Mécanique céleste" (1799) der Hypothese „Gott" nicht mehr bedurfte. Und man begreift die Ahnung Schleiermachers, „daß wir werden lernen müssen, uns ohne Vieles zu behelfen, was Viele noch gewohnt sind als mit dem Wesen des Christentums unzertrennlich verbunden zu denken". Er will gar nicht vom Sechstagewerk reden; „aber der Schöpfungsbegriff — wie lange wird er sich noch halten können gegen die Gewalt einer aus wissenschaftlichen Kombinationen, denen sich niemand entziehen kann, gebildeten Weltanschauung?"[36])

Die Entwicklung der Wissenschaft seit dem Ende des achtzehnten Jahrhunderts, immer strenger geleitet durch Erfahrung und Experiment,

---

[35]) Kant, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprung des ganzen Weltgebäudes nach Newtonischen Grundsätzen abgehandelt, 1755. Hgg. von Kehrbach (Reclam). — [36]) Schleiermacher, Sendschreiben an Lücke. Theologische Studien und Kritiken, 1829, S. 489.

war eine fortlaufende Bestätigung des kosmischen Monismus Giordano Brunos und der naturalistischen Weltanschauung Spinozas und Kants.

Felix Savary berechnete als erster 1827 die Bahnen der Doppelsterne, deren Kenntnis vor allen Wilhelm Herschel vermittelt hatte, und bewies damit die Gültigkeit des Newtonschen Gravitationsgesetzes auch in den fernsten Himmelsräumen[37]). Das gesamte Weltgeschehen, soweit es nur immer erkannt werden kann, verläuft nach denselben einfachen mechanischen Gesetzen, die wir auf der Erde wirksam finden und erforschen können. Die Einheit des Weltgesetzes ist eine Tatsache, die seit Savary nicht mehr bestritten werden kann.

Die Spektralanalyse der Gestirne einerseits, die Mineralchemie und Biochemie andererseits lieferten den bündigen Beweis für die substantielle Einheit des Kosmos, der nicht erschüttert werden kann durch unsere Unkenntnis hinsichtlich vieler Einzelheiten. Die Chemie der Himmelskörper, der Erde und des Protoplasmas sind nur verschiedene Gebiete einer einheitlichen Wissenschaft, deren Objekt die Materie ist. Es ist für diese Wissenschaft prinzipiell gleichgültig, ob sich ihr Objekt im „Himmel" oder auf der Erde befindet.

Die chemischen Tatsachen, die ihren kürzesten Ausdruck im periodischen System der Elemente fanden, die Tatsachen des radioaktiven Zerfalls der Elemente, die von Tatsachen geforderte Elektronentheorie der Materie reduzieren die elementare Mannigfaltigkeit derselben auf eine substantielle Einheit, die im Zustande der Aktivität als Elektrizität, im Zustande der Inaktivität als Äther bezeichnet wird.

Lavoisiers Gesetz von der Erhaltung der Materie (1789), Robert Mayers Gesetz von der Erhaltung der Kraft (1842) lieferten die experimentell gewonnene Unterlage für das Prinzip der geschlossenen Naturkausalität, das als philosophisches Prinzip schon in der Naturphilosophie Demokrits eine beherrschende Rolle gespielt hatte. Die Vereinigung beider Gesetze im „Substanzgesetz" Ernst Haeckels (1892) trägt der Tatsache Rechnung, daß Materie und Energie nur in der isolierenden Abstraktion, nicht aber in Wirklichkeit zu trennen sind.

Biochemie und Biophysik bestätigten die ausnahmslose Gültigkeit des Substanzgesetzes auch für die Lebensvorgänge. Daß während des Lebensprozesses „nur eine Umwandlung, so wie der Materie, so der

---

[37]) F. Savary, Sur la détermination des orbites que décrivent autour de leur centre de gravité deux étoiles très rapprochées l'une de l'autre. Paris 1827.

Kraft, niemals aber eine Erschaffung der einen oder der anderen vor sich gehe", ist für Robert Mayer (1845) eine axiomatische Wahrheit; Rubner hat sie 45 Jahre später „mit einer allen Anforderungen an Genauigkeit entsprechenden Schärfe" experimentell erwiesen[38]).

Die seit Gall, Flourens und Broca durchgängig festgestellte gesetzmäßige „Abhängigkeit" des geistigen Geschehens vom Körper, beim Menschen und den übrigen Wirbeltieren speziell von der grauen Rinde des Großhirns, eine Abhängigkeit, die richtiger als Funktion im physiologischen Sinn zu bezeichnen ist, unterwirft auch den Geist dem Substanzgesetz, dem Prinzip der geschlossenen Naturkausalität[39]).

Dieses Prinzip steht wie kein anderes jeder supranaturalistischen Schöpfungslehre entgegen. Auch die Verteidiger der theologischen Weltanschauung müssen zugeben, daß die Schöpfungslehre mit dem Kausalitätsprinzip unvereinbar sei; es sei als Beweismittel für den christlichen Schöpferglauben nicht zu brauchen, man gelange damit wohl zur Unendlichkeit des Naturzusammenhangs, aber nicht zu einer „letzten", einer absoluten Ursache des Weltgeschehens[40]).

In der Tat, schon Kant hat uns gelehrt, daß dem wissenschaftlich-logischen Denken ein Sprung aus der empirischen Kette der Naturursachen in eine transzendente Welt an keiner Stelle dieser Kette erlaubt ist, weder da, wo der Geist, noch da, wo das Leben auftritt, und ebensowenig bei der Frage nach dem Ursprung des Daseins überhaupt. Der Apologet der christlichen Weltanschauung muß das Kausalitätsprinzip „teleologisch bestimmen", um es für die Schöpfungslehre brauchbar zu machen. Aber weder die Zweckmäßigkeit der Natur, wo sie vorhanden ist, noch die Unterordnung des Naturmechanismus unter religiös-ethische, oder sagen wir lieber: unter Kulturzwecke, bedarf mehr zu ihrer Erklärung und Rechtfertigung eines Salto mortale in die Transzendenz. Auch hier ist die wildeste Hypothese, wenn sie nur physisch

---

[38]) R. Mayer, Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel. 1845. Neuhgg. von A. Neuburger (Vogtländers Quellenbücher, Band 12). M. Rubner, Zeitschrift für Biologie XXX, 1894; Kraft und Stoff im Haushalt der Natur. 1909. — [39]) Vgl. E. Haeckel, Welträtsel, Kap. 6 und 12; E. Morselli, L'uomo e la legge della sostanza, in E. Haeckel, I Problemi dell' Universo. Turin 1904. Annotazioni al Cap. XIII, S. 346. Das „Prinzip des Wachstums geistiger Energie" von Wilhelm Wundt wird sich wahrscheinlich auf ein Prinzip der Konzentration geistiger Energie zurückführen lassen. — [40]) R. Eckardt, Der christliche Schöpfungsglaube, 1912, S. 62.

bleibt, besser als eine hyperphysische, besser als die ontheistische Hypothese eines persönlichen Gottes.

Eine physische Hypothese zur Erklärung der Dinge, ihrer Entstehung, Ordnung und Zweckmäßigkeit, eine Hypothese, die nicht mehr „wild" ist wie noch zu Zeiten Kants, besitzen wir in der Entwicklungslehre in ihrer Verbindung mit dem Selektionsprinzip. Als der Entwicklungsgedanke, den Kant und Laplace in der Kosmologie durchgeführt hatten, von Lamarck und Darwin auf das Gebiet des Lebens, von Spencer und Wundt auch auf das Gebiet des Geistes und der Kultur übertragen worden war, da endlich konnte der „übernatürlichen Schöpfungsgeschichte des Moses" eine natürliche Schöpfungsgeschichte der Entwicklungslehre gegenübergestellt werden, in welcher die naturalistische Weltanschauung, die seit der Renaissance erarbeitet und erstritten worden war, zum erstenmal restlos zur Durchführung gelangte. Es geschah 1868 in der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" Ernst Haeckels.

2. Kapitel.

Der Entwicklungsgedanke im philosophischen Denken.

Der Entwicklungsgedanke im alten Indien.

Im Gegensatz zu „Schöpfung“ bezeichnet das Wort „Entwicklung“ ein natürliches Werden, einen Vorgang, der seine Ursachen nicht in einem göttlichen Wollen, sondern in den Wechselwirkungen der Dinge selbst und ihrer Umgebungsbedingungen hat, und der von einem bestimmten Ausgangspunkt aus durch eine Reihe von Zwischenstadien hindurch zu einer Neubildung führt.

In dieser allgemeinen Bedeutung genommen, ist der Entwicklungsgedanke mindestens ebenso alt wie die Schöpfungslehre, wenn nicht älter. Sehen wir ab von Babylonien, wo in einer Dichtung aus der Hammurabi-Zeit (um 2150 v. Chr.) „Himmel und Erde samt den Göttern“ aus einer chaotischen Urflut entstehen[1]), so finden wir den Entwicklungsgedanken zuerst in den uralten heiligen Schriften der Inder, den Veden und Upanishaden, nebst den philosophischen Lehren, die daraus erwachsen sind. Ihre Anfänge reichen bis in das dritte vorchristliche Jahrtausend zurück. Wir versuchen, aus einer mehr als zweitausendjährigen Entwicklung des indischen Denkens, die von einem Chaos der unbestimmtesten und phantastischsten Gedankenspiele bis zu den wohlgeordneten Systemen der Sāṃkhya-Philosophie und des Buddhismus führt, die für uns bedeutsamen Züge heraus zu präparieren[2]).

[1]) H. Winckler, Die babylonische Geisteskultur, 1907. Vgl. auch desselben Schrift über die babylonische Weltschöpfung, 1906; ferner: A. Jeremias, Handbuch der orientalischen Geisteskultur, 1913. P. Jensen, Die Kosmologie der Babylonier, 1890. — [2]) Ich sehe hier ab von genauen Stellennachweisen und zähle nur die Titel der Schriften auf, durch deren Studium ich mir die hier wiedergegebene Auffassung des indischen Denkens und seiner Entwicklung gebildet habe: A. Ludwig, Der Rigveda, übersetzt und erläutert. Prag 1875—1888. A. Hillebrandt,

In den alten Rigveda-Liedern von „Himmel und Erde" tauchen die ersten spekulativen Fragen auf:

Welche von beiden ist wohl die frühere, welche die spätere?
Wie entstanden die beiden, ihr Weisen? Wer kann das ergründen?
Alles was Namen besitzt, das tragen sie selbst in dem Schoße,
seit die Tage und Nächte im Kreise sich drehen wie Räder.

Die Antwort auf diese Fragen lautete verschieden. Wie anderwärts, in Babylonien z. B., dachte man sich auch hier die Welt als ein Haus, eine Halle, mit dem Himmel als Dach und der Erde als Boden. Die Frage nach dem Baumeister wurde meist offen gelassen, als Geheimnis oder Problem behandelt. Man fragt aber auch nach dem Material des Weltbaues, anknüpfend an den gebräuchlichen Holzbau.

Sagt, was war es für Holz, was für ein Baum ists gewesen,
woraus man ehemals Himmel und Erde gezimmert?

Das konkrete „Holz" beginnt schon hier die abstrakte Bedeutung „Stoff" anzunehmen, und in der Tat macht das Wort vana, „Holz", dieselbe Wandlung durch wie das griechische ὕλη. „Jüngere Hyliker, die längst aus der alten Bildersprache heraus waren, setzten ein Element als Urstoff und nahmen als solchen das Wasser an, und so ist das Wort vana, die verschlungenen Wege indischer Tropik wandelnd (Holz—Stoff—Urstoff), geradezu eine versteckte Bezeichnung des Wassers geworden"[3]).

Die gemeine Vorstellung betrachtet „Himmel und Erde" als geboren, erzeugt. „Erschaffen", jan, ist gleichbedeutend mit gebären, gigno. Die Weltschöpfung ist Zeugung, Geburt. In der alten mytho-

---

Lieder des Rigveda, 1913. H. Oldenberg, Die Religion des Veda. 2. A. 1916. P. Deussen, Sechzig Upanishads des Veda, 1897. P. Deussen und O. Strauß, Vier philosophische Texte des Mahâbhâratam, 1906. P. Deussen, Das System des Vedanta. 2. A. 1906. F. Geldner, Die Religionen der Inder: Vedaismus und Brahmanismus. Einzelausgabe aus Berthollets Religionsgeschichtlichem Lesebuch, 1911. P. Deussen, Allgemeine Geschichte der Philosophie I, 1 Philosophie des Veda. 2. A. 1906; I, 2 Die Philosophie der Upanishads. 2. A. 1907. H. Oldenberg, Die Lehre der Upanishaden und die Anfänge des Buddhismus, 1915. H. Oldenberg, Die Indische Philosophie. Kultur der Gegenwart. Allgemeine Geschichte der Philosophie. 2. A. 1913. M. Winternitz, Geschichte der indischen Literatur, 1904. R. Garbe, Die Sāṃkhya-Philosophie. Eine Darstellung des indischen Rationalismus, 1894. 2. A. 1917. K. Seidenstücker, Pāli-Buddhismus in Übersetzungen, 1911. H. Oldenberg, Buddha, 5. A. 1906. R. Pischel, Leben und Lehre des Buddha, 1906. H. Beckh, Buddhismus. I. Der Buddha, II. Die Lehre, 1916. M. Walleser, Die philosophischen Grundlagen des älteren Buddhismus, 1904. — [3]) K. F. Geldner, Zur Kosmogonie des Rigveda. 1908.

logisierenden Ausdrucksweise, wie sie ähnlich auch in Babylonien gebräuchlich war, ist Aditi das weibliche Schöpfungsprinzip, die große Mutter, Dāksha das männliche, der uralte heilige Vater. Aber beide sind eigentlich nicht voneinander zu trennen, und nicht von ihrem „Sohn", ihrem Geschöpf. „Aditi gebar Dāksha, Dāksha Aditi erzeugte".

Aditi wurde der Himmel, sie wurde das Reich in den Lüften,
Mutter und Vater und Sohn ist Aditi, ein und dieselbe.
Alles ist Aditi, Götter und alle Geschlechter der Menschen,
Aditi ist das Gewordene, Aditi künftiges Werden.

Dāksha wird mit „Vermögen", „Können" übersetzt. Der Gedanke liegt nahe, Aditi als den Stoff (vana) aufzufassen, Dāksha als die Kraft. Sie sind eins in sich und mit der Welt, ihrem „Sohn"[4]).

Den Höhepunkt der kosmogonischen Spekulation der Rigvedazeit bildet das berühmte Lied 10, 129, in dem es heißt: Nicht war das Sein, noch war das Nichtsein damals. Nicht war der Luftraum, noch der Himmel drüber. Nicht Tod und nicht Unsterblichkeit. Nicht Tag, nicht Nacht. Es war nichts andres als das „Das". Das atmete bewegungslos von selbst. Kāma regte sich zuerst, Begehren, die erste Spur der Manas, geistigen Lebens. Nachdenkend fanden die Weisen den Ursprung des Seins aus dem Nichtsein.

Alles wird hier auf eine ursprüngliche unbestimmbare und unbenennbare Einheit zurückgeführt. Es ist „weder so noch so, verschieden vom Bekannten wie vom Unbekannten". Vor ihm kehren die Worte um samt dem Denken. Es ist das reine qualitätslose Sein, das Hegel seiner Unbestimmtheit wegen das Nichts nennt. Im theologischen Denken wird dieses Eine — „vielfach nennen es die Priester" — unter verschiedenen dunklen vieldeutigen Namen personifiziert, als Viçvakarman, Brahmanaspati, Purusha, meist als Weltschöpfer Prajāpati, aus dem die Welt hervorgeht wie der Rauch aus dem Feuer, der Faden aus der Spinne, die Pflanze aus dem Erdreich, das Kind aus der Mutter. Philosophische Spekulation sucht es begrifflich zu bestimmen. Einige sagen, es sei Wasser; andere: Finsternis; noch andere: Licht; wieder andere nennen es Prāna, Akāça, Atman — Prāna und Atman abgeleitet vom „lebendigen Odem", Akāça als Äther oder „leerer Raum" aufge-

---

[4]) A. Hillebrandt, Lieder des Rigveda, S. 129, Anm. 4, übersetzt auch das Wort Dāksha mit „Kraft".

faßt. Weit in den Vordergrund treten allmählich die Bezeichnungen Atman und Brahman. Von verschiedenen Ausgangspunkten ihren Ursprung nehmend, werden sie beide, aufs höchste gesteigert, zum Weltprinzip erhoben und schließlich von dem starken Einheitstrieb des indischen Denkens in Eins verschmolzen.

Die Grundbedeutung von Brahman, ursprünglich Brahma, ist „heiliges Wort". Es ist das Wort des Priesters, dem von Priester-Hochmut und -Eitelkeit allmächtige Kraft beigelegt wird. Dieses Wort vermag alles; es schafft alles, bewirkt alles, erhält alles. „Die Zauberkraft des Brahma, wie sie sich vor allem in Lied und Wort des Veda verkörpert, ist dem Priester, dem Brahmanen, die große Begründerin der Daseinsordnungen, die gewaltige Lenkerin der Geschicke"[5]). So gesteigert, wird das große Brahman schließlich zum Ursprünglichen, Einen, das da war und das da sein wird. Das Brahman ist Svayambhū, „der durch sich selbst Seiende". So definiert auch Spinoza später seine eine ewige und unendliche Substanz.

Die ursprüngliche Bedeutung von Atman ist „Atem". Von ihm, so folgert das indische Denken, hängt das Leben ab, in ihm besteht das Leben, er ist das Leben, die Seele, das eigentliche Sein. Der Atman der Natur (Varunas) ist der Wind, der mit Regenguß die Erde überströmt, alles Getier fröhlich macht, Gras und Kräutern Leben verleiht. Der Gedanke spielt weiter: Wasser nur in festem Zustand ist die Erde, die Luft, der Himmel, die Berge, Götter, Menschen, Vieh und Vögel, Kräuter und Bäume: sie sind Wasser in festem Zustand. Wasser entsteht aus dem Wind, Wind ist der Atman der Natur: alles ist Atman, alles ist Brahman — Brahman ist Atman.

Der Brahman-Atman ist eins, aber er existiert in zwei „Gestalten", Modi, Daseinsformen. Da ist die körperhafte und die unkörperhafte, die sterbliche und die unsterbliche, die stehende und gehende, das Seiende und „das Jene". Die eine ist die Körperwelt, „die Vielheit der Umwandlungen des Brahman", die andere das nicht verkörperte freie absolute Brahman. Während es in seiner „ausgesprochenen" individualisierten Gestalt in der Welt weilt, in die es sich verwandelt hat, verharrt es außerhalb derselben in einer „unausgesprochenen", nicht-individualisierten Daseinsform, die andeutungsweise mit dem Wind verglichen wird. Im Stoizismus finden wir später dieselben Modi.

---

[5]) H. Oldenberg, Buddha, S. 30.

Aruni sagt zu seinem Sohn Svetaku: Bring mir von dort eine Frucht des Feigenbaumes. Spalte sie — was siehst du darin? — Diese fast zu feinen Kerne, Hochgeehrter. — Spalte einen davon; was siehst du? — Nichts. — Die feine Substanz, die du gar nicht siehst, mein Lieber, aus ihr besteht in Wahrheit der Feigenbaum, der so groß dasteht, sie ist die ganze Welt, sie ist der Atman. Du selbst bist nichts anderes: tat twam asi.

Mit dieser Erkenntnis ist das höchste Wissen erreicht, die Welt liegt klar und offenbar vor dem Erkennenden. Wie man an einem einzigen Tonklumpen alles erkennen kann, was aus Ton besteht, so hat man die Welt erkannt, wenn man ihre Substanz erkannt hat. In den Verwandlungen dieses Einen kommt dieses selbst zur Darstellung. Daß wir sie mit verschiedenen Namen benennen, darf uns nicht täuschen. Die wahre Erkenntnis sieht in aller Vielheit die Einheit.

Die Einheit des Brahman verwandelt sich in die Vielheit der Welt, wie die Milch sich in saure Milch, das Wasser sich in Eis verwandelt. Während aber hier noch ein Äußeres, die Temperatur, eine Rolle spielt, verwandelt sich das Brahman rein aus sich selbst zur Welt, in eigener immanenter Gesetzmäßigkeit. Und ebenso wie das Eis wieder zu Wasser wird, das Gefäß wieder zu Ton, so wandelt sich die Welt wieder in das Brahman um. Gleich tausend Weltperioden ist ein Tag des Brahman, und jede Weltperiode besteht aus vier Weltaltern zu je 12000 Jahren. Ebenso lang ist seine „Nacht". Geht sie zu Ende, so erwacht es und schafft als Erstgeborenen Mahān, den Großen, den unendlich wirkenden. Der Mahān erzeugt den Ahamkāra, dieser den Akāça, den Äther, der alle Wesen trägt. Aus dem Äther entsteht das Wasser, aus diesem Feuer und Wind, aus der Verbindung beider die Erde. Der Weltperioden ist kein Ende, und ebenso unendlich ist der Raum, unerreichbar seine Grenze.

Wie aber wird die ursprüngliche Einheit zur Vielheit?

Kindlich abstrus ist die erste Antwort auf diese Frage. Svetaku belehrt seinen Sohn: Seiend nur, mein Lieber, war dies Alles im Anfang, Eins nur ohne ein Zweites. Da dachte es: Ich will Vieles sein. Und es erhitzte sich. Die Hitze dachte: Ich will Vieles sein. Da erzeugte sie aus sich das Wasser, denn wenn immer der Mensch heiß wird und schwitzt, da erzeugt die Hitze Wasser. Die Wasser dachten: Wir wollen Vieles sein. Da schufen sie Nahrung. Denn wenn immer es regnet, entsteht Nahrung. Und die Gottheit, das Seiende, ging in diese drei Gottheiten

ein, in Hitze, Wasser und Nahrung, und legte sie in „Namen und Gestalt“ auseinander, d. h. differenzierte sie in verschiedene Formen.

Spätere nahmen an, daß die Welt der Dinge sich zwar in die Einheit des Brahman auflöst, ihre „Wurzeln“ oder „Keime“ sich aber erhalten und aus ihnen die Dinge von neuem entstehen. Der Kreislauf des Werdens wird ausdrücklich mit dem Entstehen und dem Wachstum von Samen, Keim, Schaft, Blüte usw. der Pflanze verglichen. Den Kreislauf vom Samen zur Pflanze und wieder zum Samen findet man ähnlich im Kreislauf der Welten. Es ist eine Art von Präformations-Theorie, die älteste, die uns hier entgegentritt.

In der Sāṃkhya-Philosophie, die sich etwa im 6. Jahrhundert v. Chr. aus der Spekulation der jüngeren Upanishaden entwickelte, heißt die Grundwesenheit Prakriti. Sie ist die Unentfaltete, Hervorbringende, die Unerschaffene und Unvergängliche, die Allgegenwärtige und Allwirkende. Die Prakriti ist die Materie, Urmaterie. Drei Guṇas, drei Komponenten — die eine Stelle der Sāṃkhyatexte aus der ursprünglich einheitlichen Prakriti hervorgehen läßt — sind in ihr zu unterscheiden: Sattva, Rajas und Tamas, das leichte-feurige, bewegte-schmerzliche und starre-dumpfe Element. Die Prakriti ist die eine rot und weiß und schwarze Ziege, die viele Junge hervorbringt. Sie ist wie ein Seil, das aus drei Fäden zusammengedreht ist. Die Welt ist die „dreiguṇahafte“; sie geht aus der Umwandlung der Prakriti nach der Verschiedenheit ihrer Guṇas hervor. Im Zustand des Gleichgewichts bilden die drei Guṇas die eine feine unterschiedslose Masse der Urmaterie. Das Gleichgewicht wird gestört — durch welche Ursache wird nicht gesagt — und es beginnt der ungeheure Prozeß der Evolution der Prakriti, von den feinsten Substanzen angefangen bis zu den groben Elementen und ihren Verbindungen. Sich gegenseitig überwältigend, sich aufeinander stützend, sich paarend und hervorbringend erfüllen die Guṇas ihr Werk. Ist die Evolution zum Abschluß gelangt, so folgt eine Periode des Bestehens, während deren sich die schaffende Kraft der Prakriti in Einzelschöpfungen betätigt. Ist auch die Zeit des Bestehens zu Ende, so tritt eine rückläufige Entwicklung ein, das Universum löst sich in immer feinere Substanzen auf, die drei Guṇas gelangen wieder in den Zustand des Gleichgewichts, die Prakriti besteht in ihrem reinen undifferenzierten Sein, so lange, bis sie als natura naturans den Weltprozeß von neuem beginnt.

In diesem ganzen ungeheuren Prozeß ist die Seele bloß Zuschauer,

bloß Spiegel, unveränderlich und unverändert in allem Geschehen. Das allein Tätige, alles Wirkende, ist die Materie; die Seele ist das „Licht“, das die materiellen Prozesse erleuchtet, der Kristall, in dem sich die wechselnden Formen und Farben der Prakriti wiederspiegeln, ohne sie im mindesten zu affizieren, ohne von ihnen affiziert zu werden. Die Lehre von der Alleinwirksamkeit der Materie ist ein Fundamentalgesetz der Sāṃkhya-Philosophie, ebenso wie die Lehre von der Ewigkeit und Unsterblichkeit der Materie.

Die Lehren der Sāṃkhya-Philosophie bilden den theoretischen Unterbau des Buddhismus, der den Kausalitätsgedanken vom „Entstehen in Abhängigkeit“ noch schärfer herausarbeitet als jene. Man fragt, was jede einzelne Erscheinung zur Grundlage habe, woraus sie entsteht, entspringt, geboren ist. Man schließt: wenn dies ist, ist auch jenes, wenn dies entsteht, entsteht auch jenes; wenn dies nicht ist, ist auch jenes nicht, wenn dies vergeht, vergeht auch jenes. „Ein denkwürdiger Schritt vorwärts in der Erschließung des Chaos der Erscheinungen, für die Durchleuchtung, das Ordnen und das Begreifen des Daseins“[6]. Dabei ruht die ganze Kette der Ursachen und Wirkungen in voller Autonomie auf sich selbst, bedarf keines Antriebs, keiner Leitung durch ein außer ihr stehendes Prinzip. Die Natur regiert sich selbst nach eigenem Gesetz, und auch der Strom der geistig erscheinenden Vorgänge gehört in Wahrheit dem Naturverlauf an. Und ein noch höherer Gedanke entsteht: Die Überzeugung, daß durch Erforschung der Wirklichkeit mit ihrer Verkettung von Ursachen und Wirkungen die Möglichkeit erreicht wird, durch entschlossenes Eingreifen an dem ermittelten rechten Punkt die ganze Kette des „Entstehens in Abhängigkeit“ so beeinflussen zu können, daß sie bis zu dem gewollten Ereignis und zu keinem andern hin abrollt. Der Mensch kann sich selbst erlösen. Welcher Art diese Erlösung im Buddhismus ist, das ist für uns eine nebensächliche Frage; genug, daß der Mensch selbst mit seiner Erkenntnis als wichtiger, ja bestimmender Faktor des Entwicklungsgeschehens erkannt und demgemäß gewertet wird.

Die buddhistische Entwicklungsformel gehört nach all dem zu den grundlegenden Wahrheiten von zugleich höchster praktischer Bedeutung. Sie hat es zunächst nur mit dem persönlichen Leben zu tun. Da aber das indische Denken dazu neigt, das individuelle Leben durch-

---

[6]) H. Oldenberg, Die Lehre der Upanishaden, S. 300.

aus als Parallele des kosmischen Lebens aufzufassen, so wird in dieser Formel doch auch zugleich die Überzeugung von der absoluten Gesetzmäßigkeit des Weltprozesses ausgesprochen. Demgemäß kennt auch der Buddhismus keinen weltschöpferischen und weltbeherrschenden Gott. Die objektiv-kosmische Bedeutung tritt jedoch stärker hervor in der Entwicklungsformel der gleichfalls atheistischen Sāṃkhya-Philosophie, während in der buddhistischen, die im übrigen jener vollkommen entspricht, mehr die subjektive Seite in den Vordergrund tritt.

Die Formel selbst ist nicht leicht zu verstehen, und unter den Indologen herrscht durchaus noch keine Einigkeit über die Bedeutung ihrer verschiedenen Termini. Wir begnügen uns damit, die vier ersten und wichtigsten aufzuzählen: In Abhängigkeit von avidyā entsteht saṃskāra, in Abhängigkeit von diesem vijñāna, in Abhängigkeit von diesem nāmarūpa. Die avidyā ist das Unerkannte, Unerkennbare, aus dem der Feigenbaum wie die ganze Welt letzten Endes hervorgegangen ist, die unentfaltete Prakriti der Sāṃkhya-Philosophie[7]), das „seiende Nichtsein" der Vedanta, aus dem das „seiende Sein" entsteht, das Brahman-Atman der Upanishaden, das „Das" der Veden. Wie sich in diesem Kāma regt, die erste Spur der manas, so im avidyā saṃskāra. Saṃskāra ist derjenige Zustand der Einheit, in dem diese sich vorbereitet zur Vielheit. Sie ist noch nicht die Körperlichkeit selbst, sondern der „Baumeister" derselben. Körperlichkeit und Vielheit ist erreicht mit nāmarūpa: die Prakriti hat sich individualisiert, begrifflich unterscheidbare Formen angenommen. Die vijñāna, mit „Bewußtsein" übersetzt, entsteht durch nāmarūpa, diese durch vijñāna, d. h. sie entstehen in unlösbarer Gegenseitigkeit, Abhängigkeit. Auch vijñāna wird von den Buddhisten substantiell aufgefaßt. Überhaupt: wenn es wahr ist, „daß der theoretische Buddhismus ganz auf dem Sāṃkhya-Yoga-System beruht"[8]), wenn es im besonderen wahr ist, daß die buddhistische Entwicklungsformel der Sāṃkhya Formel durchaus entspricht[9]), so kann auch die buddhistische Evolutionsreihe nicht idea-

---

[7]) A. Weber, Die neuesten Forschungen auf dem Gebiete des Buddhismus 1853, S. 16 identifiziert avidyā mit prakriti. — [8]) Pischel, Leben und Lehre des Buddha, S. 66. — [9]) H. Jacobi, Der Ursprung des Buddhismus aus dem Sāṃkhya-Yoga. Nachrichten der K. Ges. der Wissenschaften zu Göttingen, phil.-histor. Klasse 1896, Heft 1. Derselbe, Über das Verhältnis der buddhistischen Philosophie zum Sāṃkhya-Yoga und die Bedeutung der Nidānas. Zeitschr. der deutschen morgenländ. Gesellschaft, 52. Bd. 1898, S. 1.

listisch aufgefaßt werden, wie es vielfach geschieht, so oft auch die Seite des reinen „Erkennens" namentlich bei dem Ausgangspunkte der Reihe betont wird, sondern sie muß materialistisch im Sinne der Sāṃkhya-Philosophie gedeutet werden. Dafür legt sogar das höchste Ideal des Buddhismus Zeugnis ab, das Nirvāna. „Nirvāna ist zusammengesetzt aus dem Präfix nis, aus, heraus, weg, das vor tönenden Lauten zu nir wird, der Wurzel vā, wehen, und dem Suffix des Participii Praeteriti Passivi na. Es bedeutet also wörtlich ‚ausgeweht', ‚erloschen', ‚ausgelöscht', substantivisch ‚das Auslöschen', das ‚Erlöschen'"[10]). Das ist die hergebrachte Erklärung des Wortes Nirvāna Gewiß wird es in diesem wörtlichen Sinne oft gebraucht. Aber die indische Neigung zur Tropik ist bekannt Das Wort wird auch gebraucht, um das Erlöschen des Feuers der Lust, die Vernichtung der Leidenschaft zu bezeichnen. Sollte nicht die schillernde Tropik Buddhas auch an nir-vana gedacht haben, „frei sein vom Stoff, vana"? Sollte nicht hier überhaupt die tiefste Bedeutung des buddhistischen Nirvāna ebenso liegen, wie für die Sāṃkhya-Philosophie das Ziel des Erlösungsstrebens in der definitiven Isolierung der „Seele" von der Materie besteht, in ihrer Lösung, ihrer Befreiung von der Teilnahme am leidvollen Weltprozeß? Diese „Befreiung" bedeutet, daß das materielle Dasein mit seinem Leid aufhört, in der „Seele" wiedergespiegelt, bewußt zu werden. Darin eben sieht Buddhas Jünger Sāriputta die Seligkeit des Nirvāna, daß in ihm keine Empfindung mehr vorhanden ist. Die Materie existiert im Zustand der Nirvāna genau so wie vorher, ebenso auch die Seele. Aber die Materie existiert für sich, ohne von einem Bewußtsein „belichtet" zu sein, und die Seele existiert für sich, ohne die Materie zu reflektieren.

Am Anfang des indischen Denkens steht das vana, an seinem Ende nirvāna.

---

[10]) Pischel, Leben und Lehre des Buddha, S. 173. R. Otto Franke, Die Buddhalehre in ihrer erreichbar ältesten Gestalt (Zeitschr. der deutschen morgenl. Ges., 69. Bd. 1915, S. 475) sagt: „Vielleicht war mit nis-vā, Pali nib-bā, ‚erlöschen' eigentlich nichts dem Feuer speziell Eigentümliches gemeint, kein ‚Verwehen', wie man zur Erklärung zu sagen pflegt, sondern das ‚Ausgehen', das ja auch wir gelegentlich vom Feuer sagen." Ebenda S. 477: „Vimutti, vielleicht das am häufigsten gebrauchte Wort für ‚Erlösung', bedeutet ‚Loslösung'."

Der Taoismus.

Fast wie ein Ableger der indischen Alleinheitslehre mutet der chinesische Taoismus an, dessen Begründer Lao-tsze, „der alte Philosoph", im Jahre 604 v. Chr. geboren wurde und im hohen Alter in die Einsamkeit ging und verschwand. „Niemand weiß etwas von seinem Tode". Er war Staatsarchivar, studierte aber fleißig die Theorien der Astronomie und Physik, und wird ein „Beobachter der Natur" genannt. Beobachtung und Reflexion, dazu vielleicht indische Einflüsse, führten ihn auf den großen Gedanken der Ordnung und Einheit der Natur. Das Buch, das er hinterließ, trägt den Titel „Tao-tek-king", das Buch über Tao und Tek[11]).

Was ist Tao?

Lao-tsze selbst sagt darüber: Ich kenne seinen Namen nicht. Soll ich es benennen, so nenne ichs Tao. Es hat keinen Namen und keine Gestalt. Wir schauen es an und sehen es nicht. Wir lauschen ihm und hören es nicht. Wir greifen darnach und fassen es nicht. Es ist unsichtbar, unhörbar, unfaßbar. Es ist unbestimmt und dennoch vollendet. Es steht still und ist doch immer in Bewegung. Es ändert sich selbst nicht und ist doch die Ursache aller Veränderungen. Es ist das Ewig-Eine, Unvergängliche, Allgegenwärtige, von Ewigkeit zu Ewigkeit. Es ist das Größte wie das Kleinste, die Wurzel des Alls, alles Werdens Ursache, die Mutter aller Dinge. Wer die Mutter kennt, der kennt auch ihre Kinder. Es ist in den Menschen und die Menschen sind in ihm.

---

[11]) Vom Tao-tek-king (so schreibt das Wort M. Chiu; sonst liest man immer Tao-teh-king) sind eine ganze Reihe von Übersetzungen erschienen; „aber nur die von Stanislav Julien, Chambers und Legge beruhen auf Textstudium" (de Groot, S. 190). M. Grube hält die Übersetzung von V. von Strauß für die genialste. In deutscher Sprache „nachgedacht" hat das Werk Alexander Ular. Für die Abfassung dieses Teiles habe ich mich an folgende Schriften gehalten: Lao-Tseu, Le Livre de la voie et de la vertu. Trad. avec un commentaire par Stanislav Julien. Paris 1842. J. Legge, The Texts of Tāoism. The Sacred books of the East. Vol. XXXIX und XL. Oxford 1891. Al. Ular, Die Lehre und der rechte Weg der chinesischen Urschrift des Lao-tsze in deutscher Sprache nachgedacht. 1903. M. Chiu, Kritische Betrachtungen über Lao-tsze und seine Lehre. Diss. Berlin 1911. W. Grube, Geschichte der chinesischen Literatur. 1913. W. Grube, Die chinesische Philosophie. Allgem. Geschichte der Philosophie (Kultur der Gegenwart), 2. A. 1913, S. 59. J. J. M. de Groot, Die Religionen der Chinesen. Die orientalischen Religionen (Kultur der Gegenwart), 2. A. 1913. De Harlez, L'école philosophique moderne de la Chine ou la System de la Nature (Singli). Brüssel 1890. E. Faber, Der Naturalismus bei den alten Chinesen. 1877.

In ihm ist alles. Es ist die Zufluchtsstätte aller Dinge. Sie kehren alle zu ihm zurück. Es ist Ursprung und Ziel aller Dinge, Ursprung auch und Ziel der Erkenntnis. Wer ihn erkannt hat, ist weise, ist „der heilige Mensch."

Wenn man die Sätze des Tao-tek-king liest, muß man immer wieder an Goethes Fragment über die Natur denken: „Sie lebt in lauter Kindern, und die Mutter, wo ist sie? Es ist ein ewiges Leben, Werden und Bewegen in ihr, und doch rückt sie nicht weiter. Sie verwandelt sich ewig, und ist kein Moment Stillestehen in ihr. Sie ist alles. Jedem erscheint sie in einer eigenen Gestalt. Sie verbirgt sich in tausend Namen und Formen und ist immer dieselbe."

Lieh-tsze, der zweite große Lehrer des Taoismus, lebte in der zweiten Hälfte des fünften Jahrhunderts v. Chr. Ihm ist das Tao Selbstleben — nicht Leben, Selbstform — nicht Form, Selbstfarbe — nicht Farbe, Selbstwandlung — nicht Umwandlung; das heißt: das Tao ist sich selbst Gesetz und Ursache. Was folgt, erinnert an die Evolutionsformel der Sāṃkhya-Philosophie: Es gab eine große Wandlung, einen großen Ursprung, einen großen Anfang, eine große Gleichartigkeit. In der großen Wandlung ist die Kraft noch nicht sichtbar. Der große Ursprung ist der Anfang der Kraft. Der große Anfang ist der Anfang der Form. Die große Gleichartigkeit ist der Anfang des Stoffes. Kraft, Form und Stoff sind im Chaos ungeschieden. Was folgt ist Wandlung (Entwicklung). Wandlung hat „kein Ebenmaß der Form", sie ist in steter Veränderung. Die Formen der organischen Welt stehen in einem genealogischen Zusammenhang, eine geht aus der andern hervor.

Auch das Unendlichkeitsproblem nimmt Lieh-tsze in Angriff, augenscheinlich im Zusammenhang mit seiner Entwicklungslehre. In einem von ihm verfaßten Gespräch fragt der halb mythische Kaiser T'ang von Yin seinen Großwürdenträger Hia Koh, ob es im Uranfang Dinge gegeben habe. Hia Koh erwidert: Wenn es im Uranfang keine Dinge gegeben hätte, woher kämen sie jetzt? Ist es etwa denkbar, daß zukünftige Menschen meinen sollten, es habe zu unserer Zeit keine Dinge gegeben? — Also haben die Dinge kein Vorher und Nachher (in denen nichts gewesen wäre)? fragt T'ang. Antwort Hia Kohs: Der Dinge Anfang und Ende hat eben überhaupt keinen Anfang. Bald erscheint das Ende als Anfang, bald der Anfang als Ende. Wie soll ich ihre Folge kennen? Denn was jenseits der Dinge ist und was vor den

Tatsachen war, vermag ich nicht zu erkennen. — Also haben oben und unten und die acht Weltgegenden keinen Abschluß? fragt T'ang von Yin. — Das weiß ich nicht, erwidert Hia Koh. — Als T'ang jedoch auf seiner Frage besteht, da sagt er: Wenn sie keinen haben, so sind sie unendlich, und wenn sie einen haben, so sind sie begrenzt. Wie soll ichs wissen? Aber wenn es jenseits des Unendlichen wiederum ein Nichtunendliches und innerhalb des Unbegrenzten wiederum ein Nichtunbegrenztes gäbe, so würde die Unendlichkeit wiederum nicht unendlich, und die Unbegrenztheit wiederum nicht unbegrenzt sein. Daher begreife ich wohl die Unendlichkeit und Unbegrenztheit, nicht aber die Endlichkeit und Begrenztheit.

Der Dritte im Bunde der großen Tao-Philosophen ist Tschuang-tsze, der Dichterphilosoph und Pantheist, „der geistreichste Denker, den China hervorgebracht hat". Er lebte in der ersten Hälfte des 3. Jahrhunderts v. Chr. Seine Lehre ist Identitäts-Philosophie. Der Gegensatz von Subjekt und Objekt, der die ganze Erscheinungswelt beherrscht, löst sich für ihn auf im Tao, dem ewig-einen Urgrund alles Seins, dessen Erkenntnis daher der Höhepunkt alles Seins ist — wie bei Spinoza, Goethe und Haeckel.

Seit dem dritten Jahrhundert n. Chr. geht das philosophische Denken in China zurück und ein starrer dogmatischer Konfuzianismus beherrscht die Geister, bis im 11. Jahrhundert eine neue Naturphilosophie entstand, angeregt durch das erneuerte Studium des Yih-king, des kanonischen „Buches der Wandlungen" und seiner angehängten Erklärungen. Tschou-tsze, der erste dieser neueren Naturphilosophen (1017—1073), nennt seine Lehre „Sing-li", was etwa soviel heißt wie „Natur und Geist". Er löst den alten Dualismus des Yih-king mit seinen beiden Prinzipien Yin und Yang — sie erinnern an die babylonischen Apsu und Tiamat, an die indischen Dāksha und Aditi — in einen Monismus auf, indem er die Dualkräfte auf einen gemeinsamen Ursprung zurückführt, den er als T'ai-kih, „das höchste Äußerste" bezeichnet. Bewegt, erzeugt das Urprinzip das lichte Prinzip des Yang, ruhend das dunkle Prinzip des Yin. Aus der Verbindung beider entstehen die fünf Elemente, aus diesen alle Dinge. Tschou-tszes Schüler Tschu-Hi (1130—1200) nimmt eine von Ewigkeit bestehende vernunftbegabte Materie an. Das Urprinzip sei dieser gegenüber zwar das logisch, nicht aber das zeitlich Frühere.

Mit Tschu-Hi kommt die geistige Entwicklung Chinas zum Abschluß.

Der Entwicklungsgedanke in Griechenland.

Wie in Indien, so erwuchs auch in Griechenland die philosophische aus der mythologischen Spekulation[12]). Homer (im 9. Jahrhundert v. Chr.) weiß, daß alle „Götter" von Okeanos und Thetys erzeugt, d. h. aus dem Wasser entstanden seien. Diese Angabe erinnert an die babylonische Kosmogonie, nach welcher Apsu und Tiamat ihre Wasser in eins mischten, um daraus die „Götter" hervorgehen zu lassen. Hesiod, etwa ein Jahrhundert später als Homer, besitzt bereits ein weit ausgebildeteres System der Naturwissenschaft. Er setzt an den Anfang das „Chaos", worunter hier wohl der leere Raum zu verstehen ist, und läßt Gaea und Eros folgen, das materielle und das bewegende Prinzip. Aus dem Chaos ging das Dunkel und die schwarze Nacht hervor, aus der Verbindung beider entsprang der lichte Äther und die Hēmera, der Tag. Gaea erzeugt aus sich selbst den Uranos, den gestirnten Himmel, die hohen Berge und das Meer, dann in Verbindung mit Uranos außer den anderen „Gottheiten" auch den Okeanos und die Thetys. So groß im übrigen auch die Differenz zwischen den beiden Dichtern ist, so stimmen sie doch in einem wichtigen Punkt überein: Die Welt ist nach ihrer Auffassung nicht erschaffen, sondern geworden. Schon die alten „Theologen" sind Evolutionisten, ebenso wie ihre Nachfolger, die ältesten Philosophen Griechenlands[13]).

Die allgemein verbreitete und hartnäckig festgehaltene Meinung des griechischen Volkes, die augenscheinlich im „Chaos" Hesiods ihren Ausdruck gefunden hatte, scheint die gewesen zu sein, daß die Dinge aus nichts entstehen und auch wieder in nichts vergehen könnten. Nur unter dieser Voraussetzung läßt sich verstehen, daß die verschiedensten Philosophen immer wieder betonen: Entstehen und Vergehen gibt es nicht. Mit aller Deutlichkeit und Bestimmtheit sagt es Demokrit: „Aus nichts wird nichts; nichts, was ist, kann vernichtet werden". Was entsteht, das entsteht aus einem andern und wird auch wieder zu einem andern. Und zwar ist die Welt nach der ausgesprochenen Überzeugung dieser Denker in jeder Form ihres Daseins stofflich. Die Griechen denken vollkommen materialistisch, so vollkommen, daß ihnen

---

[12]) Über die Geschichte der griechischen Philosophie s. Zeller, Ueberweg-Heinze I, Th. Gomperz, Windelband-Bonhöffer. Über die Vorsokratiker im besonderen H. Diels, Die Fragmente der Vorsokratiker. Griechisch und deutsch. 2. A. 1906. W. Nestle, Die Vorsokratiker in Auswahl übersetzt. — [13]) Vgl. Hesiods Werke, deutsch von E. Eyth. Einleitung.

auch die Seele nur als reinster Stoff denkbar erscheint. Erst mit Platon kam der unglückliche Begriff einer „immateriellen Substanz“ in die Welt, und damit ein vielfach unheilvoller Dualismus.

Die ältesten griechischen Philosophen, von denen wir Kunde haben, waren aber nicht nur Evolutionisten und Materialisten, sondern auch Monisten, insofern, als sie einen einzigen und einheitlichen Urstoff an den „Anfang“ setzten, aus dem alles geworden sei. Am Beginn der griechischen Philosophie steht der evolutionistische Monismus.

Alles entsteht aus Wasser, verkündet Thales im 6. Jahrhundert, der erste der ionischen Naturphilosophen, der mit diesem einen Satz „das Programm einer monistischen Entwicklungslehre“ entwirft, wie, etwas übertrieben, ein Historiker der griechischen Philosophie bemerkt[14]).

Alles entsteht aus dem Apeiron, einem unendlichen, ungewordenen und unvergänglichen, im übrigen völlig unbestimmten Stoff. So lehrt Anaximander, der zweite der großen Ionier. Er zuerst unter den Griechen faßte den erhabenen Gedanken der Unendlichkeit nach Zeit und Raum. In unendlicher Folge entstehen und vergehen Welten, in unendlichem Nebeneinander bestehen Welten über Welten. Er zuerst betrachtet auch die Lebewesen mit Einschluß der Menschen unter dem Gesichtspunkt der Entwicklung. Seine Lehren enthalten die Keime einer Kosmogenie, Biogenie und Anthropogenie, und mit Recht nennt ihn Haeckel einen Vorläufer sowohl von Kant und Laplace, als auch von Lamarck und Darwin[15]).

Alles entsteht aus Luft, sagen Anaximenes und Diogenes von Apollonia. Aus „Feuer“, Äther — Heraklit und die Stoiker. Diesen ist der Weltprozeß ein weltperiodischer Wechsel der Entwicklung vom Äther zum Kosmos und vom Kosmos wieder zum Äther, während Heraklit von einem ewigen Stoffwechsel der Dinge gesprochen hatte, von einem unaufhörlichen Austausch des Feuers gegen die gröberen und der gröberen Stoffe gegen das Feuer, „wie man Waren austauscht gegen Gold, und Gold gegen Waren“. Den Weg „auf und ab“ gehen alle Dinge zu jeder Zeit. Nur scheinbar beharren sie als dasselbe, in Wahrheit sind sie fortwährend ein anderes. Alles fließt.

---

[14]) A. Döring, Geschichte der griechischen Philosophie I, 1903, S. 28. — [15]) Über die Kosmogenie Anaximanders s. A. Döring, Zeitschr. für Philosophie und phil. Kritik, Bd. 114, 1899, S. 201. E. Haeckel in seinem Eisenacher Vortrag über „Die Naturanschauung von Darwin, Goethe und Lamarck“, 1882. Vorträge und Abhandlungen I, 2. A. S. 245.

Ebenfalls im Gegensatz zur volkstümlichen Meinung, aber auch allen Evolutionisten und Transformisten gegenüber behaupten die Eleaten: Was ist, das bleibt, was es ist, immer und ewig und wird weder zu nichts noch zu etwas anderem. Nur das Seiende ist, das Nichtseiende ist nicht. Ein Ding ist, was es ist, oder es ist nicht. Denn wenn ein Ding sich in ein anderes umwandeln könnte, so wäre es und wäre auch nicht (nämlich das im Begriff erstarrte „Ding"). Was ist, könnte zu dem werden, was (noch) nicht ist, also nichts ist, es könnte nur etwas werden, was nicht (mehr) ist, also nichts ist. Das ist aber unmöglich. Entstehen und Vergehen ist also unmöglich; Veränderung, ja schon die Vielheit der Dinge ist ein bloßer Schein. In Wahrheit existiert nur das eine ewig gleiche und unwandelbare Sein.

Deutlich erkennbar ist die grübelnde Gedankenarbeit der Eleaten in dem berühmten Satz des Melissos: „Wenn Erde, Wasser, Luft und Feuer, desgleichen Eisen und Gold sind und das eine lebend, das andere tot, dieses weiß und jenes schwarz ist, und so alles andere, wovon die Menschen sagen, daß es in Wahrheit sei — wenn diese Dinge sind und wir richtig sehen und hören: dann müßte ein jegliches so sein, wie es uns zuerst erschienen ist, und sich nicht umwandeln, noch zu einem anders Gearteten werden, sondern immer das sein, was es eben ist. Nun behaupten wir aber richtig zu sehen, zu hören und zu erkennen. Es scheint uns aber das Warme kalt und das Kalte warm zu werden, das Harte weich und das Weiche hart, das Lebende zu sterben und aus Nichtlebendem zu entstehen und dies alles sich umzuwandeln, und was ein Ding war und was es jetzt ist sich in nichts zu gleichen. Vielmehr scheint das Eisen, das hart ist, vom Finger, den es (als Ring) umgibt, zerrieben zu werden, und desgleichen das Gold und der Edelstein und was uns sonst als durchaus fest gilt, und nicht minder scheinen aus dem Wasser Erde und Steine zu entstehen. So ergibt sich denn daraus, daß wir das Seiende weder schauen, noch erkennen".

Hier zuerst beginnen Anschauung und Begriff, Empirismus und Rationalismus, Realismus und Idealismus ihren Kampf, der sich durch die Jahrhunderte hindurch fortsetzt und erst durch Kant und die moderne Entwicklungslehre zum Abschluß gebracht wird[16]).

Auch die jüngeren Naturphilosophen, Empedokles und Anaxa-

---

[16]) Über die eleatische Lehre s. neuerdings K. Reinhard, Parmenides und die Geschichte der griechischen Philosophie. 1916. Darin auch über Heraklit.

goras, Leukipp und Demokrit, Epikur und Lukrez bestreiten das Entstehen (aus nichts) und das Vergehen (in nichts). Aber die eleatische Kritik des Entstehens und Vergehens hat inzwischen ihre Wirkung vollbracht: auch sie versuchen, vom wechselvollen „Sinnenschein“ zum „wahren und bleibenden Sein“ vorzudringen, die „Wurzeln“' die „Samen“, die unveränderlich „Seienden“ (τα ὄντα) aufzufinden, die „Elemente“, wie man später sagte. Empedokles nimmt als solche die Luft, die Erde, das Feuer, das Wasser an, heute noch „die vier Elemente“ der Volksphilosophie. Keines dieser Elemente kann nach Empedokles' Meinung zu einem anderen Element werden oder sich mit ihm zu einem neuen Element verbinden; allein ihre Mischung in verschiedenem Verhältnis ist es, welche die qualitative Eigenart der empirischen Stoffe bedingt. Von einem Zustand der völligen Entmischung aus beginnen die Elemente sich in immer neuen Proportionen zu mischen und in Mischung und Entmischung die Einzeldinge zu bilden, bis die Mischung vollkommen durchgeführt ist. Von da an führt sie ein rückläufiger Prozeß, währenddem wiederum durch Mischung und Entmischung Einzelwesen entstehen, wieder in den Zustand der völligen Entmischung zurück, und so wiederholt sich der Prozeß der Weltbildung und Weltvernichtung in ewigem Wechsel.

Anaxagoras hält es für unmöglich, daß etwas zu einem andern werden könne, daß aus Nicht-Haar Haar, aus Nicht-Fleisch Fleisch entstehe. Gleiches nur aus Gleichem. Die Substanzen jeder Art sind konstant. In kleinsten Teilchen, von Aristoteles treffend als „Homoeomerien“, Gleichwertigkeitsteilchen bezeichnet, sind sie anfänglich in einem Chaos bunt durcheinander gemischt. Erst ein gewaltiger „Umschwung“ vereinigt fortschreitend Gleiches zu Gleichem; ein kosmischer Prozeß, der auch jetzt noch nicht vollendet ist, denn noch jetzt ist „in allem alles enthalten“, im Brot z. B., das wir essen, alle Stoffe des Menschenleibes; nur das Übergewicht bestimmter Elementarteilchen macht eine Mischung zu Gold, eine andere zu Holz, eine dritte zu Fleisch usw.

Leukipp und Demokrit gehen einen bedeutsamen Schritt weiter. Ihre unteilbaren Wesenheiten (ὄντα), die Atome, sind nur der Gestalt und Größe und damit der Schwere nach voneinander verschieden, im übrigen qualitätslos, gleich. In Verbindung mit verschiedener Anordnung und Lage genügt jene primäre Verschiedenheit allein, um alle qualitative Verschiedenheit der Dinge zu erzeugen. Die Lehre dieser

Atomisten sucht dem eleatischen Sein wie dem sinnenfälligen Vorgang der Veränderung gleicherweise gerecht zu werden. Veränderung, Entwicklung ist im Sinne der Atomenlehre Verbindung und Trennung von Atomen, auf welchen beiden Prozessen allein die Veränderung der Atomenkomplexe beruht.

Die Atomisten sprechen zugleich den Grundsatz aus, der all diesen Versuchen primitiver „Entwicklungslehre" zugrunde liegt: „Nichts entsteht zufällig, sondern alles aus einem Grunde und mit Notwendigkeit". Ihre Natur-Erklärung ist kausal-mechanisch[17]).

Für Anaximander ist der Entwicklungsprozeß eine fortschreitende Differenzierung des Apeiron. In immanenter Kausalität scheidet es sich zuerst in das Warme und Kalte, das Kalte weiterhin in Luft, Wasser, Erde. Anaximenes läßt das Feuer durch Verdünnung, Wind, Wolken, Regen, Wasser, Erde und Gesteine durch Verdichtung aus seiner Urluft entstehen. Verdünnung und Verdichtung sind ihm gleichbedeutend mit Erwärmung und Abkühlung. Heraklit nennt den Weltprozeß ein ewig lebendiges Feuer, das sich in gleichem Maß, in genauer Äquivalenz entzündet und verlischt; ein Spiel, das Zeus spielt mit sich selbst, nicht wie ein Kind in regelloser Willkür, sondern seiner Natur gemäß in Vernunft und Gesetzmäßigkeit. Ähnlich betonen die Stoiker die Vernunft- und Gesetzmäßigkeit des kreisenden Weltprozesses.

Die bewegenden Kräfte des Empedokles sind Liebe und Haß, mechanisch wirkende Potenzen gleich Anziehung und Abstoßung. In gesetzmäßigem Auf und Ab kommt bald die Liebe, bald der Haß zur Allherrschaft; jene vereinigt, dieser trennt die Elemente. Im Streit zwischen Liebe und Haß entstehen die Dinge, und so ist auch für Empedokles wie für Heraklit der Streit der Vater aller Dinge, die aus der Gegensätzlichkeit entspringende Harmonie das Gesetz des Daseins.

Anaxagoras führt zwar den „Umschwung" seiner chaotischen Urmasse auf den „Nus" zurück, einen Geist-Stoff, Kraft-Stoff, der mit einem einzigen Stoß, von einem einzigen Punkt aus, das Chaos in Bewegung setzt. Im übrigen aber hielt er sich streng an mechanisch begreifliche Ursachen, so daß schon den Alten sein „Nus" als eine Verlegenheitskonstruktion erschien. Die Atomisten endlich waren strengste Me-

---

17) Über Demokrit die Monographie von L. Löwenheim, Die Wissenschaft Demokrits und ihr Einfluß auf die moderne Naturwissenschaft. 1914.

chanisten und Naturalisten, denen das Prinzip der geschlossenen Naturkausalität ein unbezweifelbarer Grundsatz ihrer Weltanschauung war.

Mit Demokrit hatte die griechische Naturwissenschaft und Naturphilosophie ihren Höhepunkt erreicht, und auf dem Boden der Atomistik entstand eine naturalistische Entwicklungslehre, die auf den ganzen Kosmos wie auf seine einzelnen Teile, auch auf den Menschen, seine Sprache und Kultur, fruchtbare Anwendung fand. Das großartige Denkmal dieses evolutionistischen Naturalismus ist das Lehrgedicht des Römers Lukretius Carus „über die Natur" aus dem ersten vorchristlichen Jahrhundert, das nicht nur die auf Demokrit ruhende Weltanschauung Epikurs im Römerreich verbreitete, sondern auch seit dem Beginn des Wiederauflebens der Wissenschaften auf die Denkweise des Abendlandes größten Einfluß gewann und als Ferment des neueren Naturalismus nicht hoch genug gewürdigt werden kann[18]).

In Griechenland hatte mit den Sophisten eine Reaktion gegen die theoretische Philosophie wie gegen die Naturforschung überhaupt eingesetzt. Die Philosophie wandte sich praktisch-politischen Aufgaben zu und verbarg ihre theoretische Ohnmacht hinter unfruchtbarer Kritik und Verneinung. Sokrates lenkte zwar in moralisch-praktischer Hinsicht wieder zu festen Begriffen zurück, sprach aber ebenso wie die Sophisten der Naturforschung jeden Wert ab. Mit ihm begann die Begriffsphilosophie die Oberhand über die Sachphilosophie zu gewinnen, die sie bis zur Wiedererneuerung der naturwissenschaftlichen Forschung im 16. Jahrhundert behielt, gestützt durch die mächtige Autorität von Platon und Aristoteles. Platon begab sich mit seinen „ewigen Ideen" und seinem weltbildenden Demiurgos wieder völlig auf mythologisches Gebiet, das seit Thales von den ernsten Denkern endgültig verlassen zu sein schien. In seltsamer Verkehrung der Dinge betrachtete er die Physik nicht als ernste Forschung, sondern als ein bloßes Spiel, eine Art von Zeitvertreib für müßige Stunden, während ihm seine ganz und gar spekulative „Ideenlehre" als Wissenschaft erschien. Das Reich der ewigen und unveränderlichen Ideen das allein Wertvolle, ja allein Wirkliche, das Reich der veränderlichen materiellen Dinge das an sich Nichtige, Wertlose. Jenes das Gute, dieses das Böse, das die volle Verwirklichung des Guten verhindert. Verachtung der

---

[18]) Über Epikur und Lukrez H. Schmidt, Epikurs Philosophie der Lebensfreude. 1911.

Erfahrung, des Experiments, Naturverachtung, ja Haß gegen alles Natürliche, Materielle, Sinnliche mußte die Folge des platonischen Dualismus sein, ganz besonders dann, nachdem ihn das supranaturalistisch gerichtete Christentum als Geistesverwandten erkannt und zum philosophischen Bundesgenossen erkoren hatte.

Schon Speusipp indessen, der Neffe Platons und sein Nachfolger in der Leitung der älteren Akademie, verwarf die platonische Ideenlehre. Eingehende Beschäftigung mit der Natur bewahrte ihn vor dem Irrtum, bloße Begriffe zu Realitäten zu machen. Das Studium der Lebewesen führte ihn auf den Entwicklungsgedanken, er nahm einen Fortschritt an vom Unvollkommenen zum Vollkommenen.

Auch Aristoteles war Naturwissenschaftler genug, um die Ideenlehre seines Meisters Platon als haltlose Konstruktion abzuweisen. Andererseits fällt auch er immer wieder zurück in die „üblen Gewohnheiten des Apriorismus", der die Natur durch Begriffe meistern will, Begriffe, die unabhängig von aller Erfahrung entstehen sollen, also durch eine Art geistiger Urzeugung oder Selbstzeugung.

Aristoteles wird von bedeutenden Historikern der Philosophie als ein Vertreter der Entwicklungslehre bezeichnet[19]). Richtig ist, daß er

[19]) Ueberweg-Heinze (I, 10. A. 1915, S. 216) nennt Aristoteles einen „bestimmten Vertreter der Entwicklungslehre". Windelband (Geschichte der Philosophie, 2. A. 1900, S. 112): „§ 13. Das System der Entwicklung" (Aristoteles). W. Wundt (Einleitung in die Philosophie, 6. A. 1914, S. 109) findet in dem Gedanken der Entwicklung den beherrschenden Gedanken des aristotelischen Systems. Nach Th. Gomperz, Griechische Denker III, S. 65) war „dem Stagiriten jeder Gedanke an eine eigentliche, d. h. eine in der Zeit sich vollziehende Evolution im Sinne Spencers und Darwins fremd". W. Bonhöffer (Windelbands Geschichte der alten Philosophie, 3. A. 1912, S. 236, Anm. 3) stimmt Gomperz bei. G. Mehlis (Lehrbuch der Geschichtsphilosophie, 1915, S. 377): „Mit dem modernen naturwissenschaftlichen Entwicklungsgedanken hat die Lehre des Aristoteles nichts zu tun, ja sie ist gerade der feindliche Gegenpol dieser Theorie, sofern sie die Festigkeit der Arten, die Starrheit und Unveränderlichkeit der Formen lehrt." Nach H. Meyer, Der Entwicklungsgedanke bei Aristoteles, 1909, S. 51, ist A. „der Erste gewesen, der bewußt den Entwicklungsbegriff im eigentlichen Sinne des Wortes in sein System eingeführt und zu einem Fundamentalbegriff seiner Weltanschauung gemacht hat". Dagegen S. 85 und 86: „Aus den bisherigen Erörterungen geht klar hervor, daß bei A. an eine Entwicklung der Welt selbst, an eine sukzessive Reihenfolge von Zuständen, von denen der spätere immer ein höheres Stadium bedeutet, also an eine allmähliche Vervollkommnung der Welt nicht gedacht werden kann... Ferner hat der Philosoph von einer Entwicklung im Sinne der Deszendenz, von einem Hervorgehen einer Form aus einer andern, nichts gewußt... An die Stelle der Unvergänglichkeit der Ideenwelt Platos ist bei Aristoteles die Ewigkeit der wirklichen Welt getreten".

zuerst eine Stufenfolge in der Bildung besonders der organischen Naturkörper erkennt. „Von den seelenlosen Wesen aus schreitet die Natur allmählich zu den Tieren über, so daß die Stetigkeit des Überganges die Grenzen verwischt und uns über die Zugehörigkeit des in der Mitte liegenden vielfach im Unklaren läßt. Zunächst kommt das Reich der Pflanzen, das in seinem Innern gleichfalls derartige gradweise Unterschiede aufweist, als Ganzes aber im Vergleich mit der übrigen Körperwelt fast als ein Beseeltes, im Vergleich mit dem Tierreich jedoch unbeseelt erscheint. Der Übergang von den Pflanzen zu den Tieren ist wieder ein kontinuierlicher", vermittelt durch Wesen, die der Eigenbewegung noch entbehren, und, wenn überhaupt, nur dunkle Spuren von Empfindung erkennen lassen. „In allmählicher Reihenfolge erscheinen dann immer die einen mehr mit Leben und Bewegung begabt als die andern"[20]). Aber diese Stufenfolge ist für Aristoteles, wie Gomperz mit Recht hervorhebt, kein Nacheinander oder gar Auseinander, sondern nur ein Nebeneinander. Der genetische Gedanke liegt ihr fern, wenigstens im Denken des Philosophen, so sehr sie ihn auch vorbereitet, und so nahe er jetzt für uns zu liegen scheint.

Richtig ist auch, daß Aristoteles die sublunare Welt in steter Bewegung, Veränderung sieht. Die Begriffe indessen, mit denen er hier operiert, leiden an einer solchen Vieldeutigkeit, daß es nicht leicht ist, zu einem bestimmten Urteil über seine Stellung zum Entwicklungsgedanken zu kommen. Er nimmt den Begriff der Bewegung (κίνησις) ganz allgemein im Sinne von Veränderung (μεταβολή) und rechnet dazu außer der räumlichen Bewegung oder Ortsveränderung (φορά) die quantative Veränderung der Zu- und Abnahme (αὔξησις καὶ φθίσις), sowie die qualitative oder Umwandlung (ἀλλοίωσις), endlich auch das Entstehen und Vergehen (γένεσις καὶ φθορά), Geburt und Tod. Am nächsten kommt dem Begriff der Entwicklung sein Begriff der Bewegung, sofern er diese auffaßt als den Übergang von der bloßen Möglichkeit (dem Stoff) zur Wirklichkeit (der Form). Die Form ist das Wesen der Dinge. Einen völlig formlosen Stoff gibt es nicht, der Stoff ist immer irgendwie geformt. Die μεταβολή kann also nur die Umwandlung einer Form in eine andere bedeuten. Der unbehauene Stein ist der Stoff (die Möglichkeit) des zugehauenen, dieser der Stoff etwa für eine Bildsäule. Der Same ist der Stoff des Embryos, dieser des Kindes, dieser

---

[20]) Aristoteles, Naturgeschichte der Tiere VIII, 1. Vgl. Gomperz III, 120 ff.

des Jünglings usw. Er ist oder enthält die Möglichkeit, ein Embryo usw. zu werden. Die vollendete Form ist die Ursache (Entelechie) der μεταβολή. Aristoteles scheint diese Ansicht der Arbeit des Künstlers und Handwerkers und der Entwicklungsgeschichte des tierischen Individuums entnommen zu haben. Der Künstler hat bei der Bearbeitung des Steins eine bestimmte Form in seinem Geiste, nach welcher er die Umwandlung des Steins in das Bildwerk vollzieht. Die Entwicklung eines Hühnchens im Ei strebt ganz augenscheinlich einer bestimmten vollendeten Form zu; diese muß also, so schließt der Philosoph, die Ursache der Entwicklung oder vielmehr der Richtung der Entwicklung sein. Aristoteles kannte die Lösung des ontogenetischen Entwicklungsrätsels noch nicht, die uns Ernst Haeckel im Biogenetischen Grundgesetz gegeben hat, nach welchem die „prospektiven Potenzen" des Keimes ihre mechanische Ursache in der Phylogenesis, der erdgeschichtlichen Entwicklung des Keimes besitzen. Die Entelechie des Keimplasmas, die ja unzweifelhaft existiert, ist kein unauflösbares Naturphänomen, vor dem das Forschen halt machen müßte.

Die teleologische Grundrichtung seines ganzen Denkens führte Aristoteles bis zu einer Art von Präformationstheorie: nicht der Same ist für ihn das Ursprüngliche, sondern das vollendete Tier. Im Samen aber ist für ihn das ganze Tier mit allen seinen Einzelheiten schon vorgebildet. „Nulla est epigenesis", hätte er mit Albrecht von Haller sagen können. So werden die Keime einer ersten Entwicklungslehre, die in Aristoteles' Denken vorhanden sind, doch schließlich von dem Gedanken der Unveränderlichkeit erdrückt. Lediglich der menschliche Kulturkreis ist es, in dem Aristoteles einen tatsächlichen Fortschritt, eine Entwicklung anerkennt. Aber selbst diese Feststellung, die Gomperz macht, bedarf noch einer Einschränkung. „Mit seinem Lehrer Platon läßt Aristoteles die einzelnen Teile der Erde von Zeit zu Zeit von großen Katastrophen, von übermäßigen Regengüssen heimgesucht werden, deren zerstörenden Einflüssen das Resultat der bisherigen Entwicklung zum Opfer fällt. Die Menschen werden aber nie vollständig vernichtet, einzelne bleiben immer am Leben, die zwar nicht die gesamte Kultur, aber doch wertvolle Reste des früheren Kulturzustandes in Religion, Mythus und Sprache bewahren, auf denen der Aufbau der Kultur wieder vor sich gehen kann. Und so sind die verschiedenen Lehrmeinungen, alle Errungenschaften in Kunst und Wissenschaft, schon mehr als einmal dagewesen; in einer periodischen Wiederkehr des

gleichen oder doch ähnlichen Kulturlebens vollzieht sich der geschichtliche Verlauf"[21]), vollzieht sich der gesamte Naturprozeß. Es ist ein ewiger Kreisprozeß, wie Aristoteles selber sagt.

Nach Aristoteles erhob sich die griechische Spekulation noch einmal zu einer großartigen monistischen Entwicklungslehre in der Naturphilosophie der Stoiker. Ihnen ist das All eine Einheit, Gott und Welt sind gleichbedeutende Begriffe. Die Welt in ihrer Einheit ist Gott, Gott in der Mannigfaltigkeit seiner Formen, Daseinsweisen, ist die Welt. Alles ist körperlich, auch die Seele, ebenso die Eigenschaften der Seele, denn sie sind ja nur bestimmte Zustände eines bestimmten Körperlichen. Alles entwickelt sich aus einem Urwesen nach selbsteigenem Gesetz, denn es gibt ja nichts außerhalb der Gott-Natur, von der diese abhängen oder Einwirkungen erleiden könnte. Dieses Urwesen, der Urstoff, aus dem sich alle besonderen Stoffe entwickeln, ist zugleich die alles durchdringende, alles bewirkende Urkraft. Sie ist Feuer, Wärme, Äther, Luft, Hauch, Seele, Weltseele, Weltvernunft, Weltgesetz. Die Ausdrücke sind im Grunde genommen gleichbedeutend. Das Urwesen verwandelt sich — zum Teil, nicht völlig — zuerst in luftartigen Dunst, dann in Wasser. Ein Teil von diesem wird zu Erde, ein anderer Teil bleibt Wasser, ein dritter verdunstet zu atmosphärischer Luft. Aus der wechselnden Mischung dieser vier Elemente bildet sich die Welt. „Alles was du siehst", sagt der Stoiker auf dem Kaiserthron, Marc Aurel, „wird bald die das All durchwaltende schöpferische Macht — das πῦρ τεχνικόν, das schöpferische Feuer — verwandeln und anderes aus seiner Substanz schaffen, und wiederum anderes aus der Substanz des Neuen, damit die Welt immer jung sei." Das klingt sehr wie die moderne Lehre vom Kreislauf der Dinge, die von verschiedenen Seiten der Naturwissenschaft her gestützt wird. Die entfaltete Welt bildet sich nach der Lehre der Stoiker auch wieder zurück, das Urwesen zehrt den elementaren Stoff wieder auf, ein allgemeiner „Weltbrand" führt alle Dinge in den Urzustand zurück, in welchem die Gottheit, das Urfeuer, der Äther in voller Reinheit wieder hergestellt ist. Dann beginnt eine neue Weltbildung, eine Palingenesie, die der vorhergehenden in allen Dingen vollkommen gleich ist[22]).

---

[21]) H. Meyer, Der Entwicklungsgedanke bei Aristoteles, 1909, S. 154. — [22]) Über die stoische Entwicklungslehre s. H. Schmidt, Epiktet und die stoische Philosophie. Einleitung zu Epiktets Handbüchlein der Moral (Kröners Taschenausgabe). P. Barth (Die Stoa, 2. A. 1908, S. 38) findet in der stoischen

Die Schwierigkeit, eine Mannigfaltigkeit der Dinge aus einer absoluten Einheit abzuleiten, zwingt die Stoiker ebenso wie die Inder, die „Keime“ der neuen Welt in das Urwesen, den „Logos spermaticos“ zu verlegen. Augenscheinlich ist hier, bei den Stoikern, die aristotelische Spekulation von Einfluß gewesen. —

Am Ende der Geschichte der griechischen Philosophie steht ein Gedankensystem, das sowohl platonische wie stoische Elemente aufgenommen, wahrscheinlich auch Anregungen aus dem indischen Sāṃkhya-System empfangen hatte[23]), der sogenannte „Neuplatonismus“ Plotins (205—270 n. Chr.). Hier entsteht aus dem göttlichen Urwesen, dem ursprünglich Einen, durch „Ausstrahlung“ (Emanation), welche das Urwesen selbst unverändert läßt, der „Nus“, aus diesem die Seele, aus dieser das Körperliche, indem sich die „ideellen“ Formen in dem Nichtseienden, der Materie (ὕλη) verwirklichen, gleichsam materialisieren. Das Urwesen ist ohne Grenze, Gestalt und Bestimmung, es ist jenseits von allem Sein und allem Denken. Es ist keines der Dinge, nichts, und doch alles. Keins, sofern die Dinge später sind, alles, sofern sie der Überfülle seines Wesens entstammen. Es ist das Ein und Alles des Eleaten Xenophanes, aber nicht in ruhevollem Beisichselbstsein, sondern in dynamischer Bewegung. Plotins Lehre ist ein evolutionistischer Pantheismus auf mystischem Grunde. Sie war die Form, in der sich der Entwicklungsgedanke aus dem Griechentum in das Mittelalter hinein fortpflanzte, nach und nach verstärkt durch stoische und demokritisch-epikurische Elemente.

Die Vorbereitung der Entwicklungslehre im abendländischen Denken.

Der politische Untergang der alten Welt war begleitet von einem Verfall auch des geistigen Lebens. Die großartigen Gedankenschöpfungen der griechischen Denker wurden unter dem herandringenden

---

Auffassung des Weltprozesses „eine gewisse Vorausnahme moderner Ideen, sogar des Wechsels der Evolution und Dissolution bei Herbert Spencer“. Vgl. auch A. Bonhöffer, Epiktet und die Stoa, 1890, sowie desselben Verfassers Werk über die Ethik des Stoikers Epiktet, 1914. — [23]) Über den Zusammenhang der indischen Philosophie mit der griechischen vgl. R. Garbe, Philosophische Monatshefte 29, 1893, S. 513, dessen „Samkhya-Philosophie“, S. 113, sowie v. Eckstein, Über die Grundlagen der indischen Philosophie und deren Zusammenhang mit den Philosophismen der westlichen Völker. Webers Indische Studien II, 1853, S. 369.

Wust orientalischer Religionsmystik begraben. Doch nahm das Christentum, in stetem Kampf mit der griechischen Philosophie, einzelne Bestandteile derselben auf und richtete sie nach seinen Bedürfnissen zu. Ausgeschlossen von diesen Errungenschaften des griechischen Geistes war der Entwicklungsgedanke. Das Christentum ruht grundsätzlich auf der biblischen Schöpfungslehre, ist also grundsätzlich jeder Entwicklungslehre abhold[24]). Ist die Entwicklung indessen nicht mehr abzuleugnen, so wird sie höchstens mit dem Schöpfungsgedanken verbunden: Schöpfung durch Entwicklung; nie aber gesteht das Christentum, soweit es sich selbst treu bleibt, eine selbständige Entwicklung der Welt und ihrer Teile zu. Gott ist es, der da wirket alles in allem.

Man hat Keime der Entwicklungslehre bei Augustin und anderen großen Kirchenlehrern finden wollen, weil sie gelegentlich sagen, die Organismen seien in der ersten Schöpfung, als Gott die Materie schuf, nur der Anlage nach geschaffen worden und hätten sich dann entwickelt. Allein auch die „Entwicklung" dieser Anlagen ist ein Schöpfungsakt Gottes, bildet ein Objekt seiner regierenden Tätigkeit. Von Entwicklung im eigentlichen Sinne kann also gar nicht die Rede sein, wenn jene Annahme auch als erster vorbereitender Gedanke einer „Schöpfung durch Entwicklung" gelten mag.

Man findet den Entwicklungsgedanken auch in Augustins „Geschichtsphilosophie". Es ist aber dieselbe „Entwicklung", die man schon bei dem Apostel Paulus antreffen kann, und deren Etappen bezeichnet werden als Schöpfung, Sündenfall, Sündflut, Sündhaftigkeit, göttliche Verheißung, Erfüllung durch Jesus. Aber auch diese „Entwicklung" ist ganz und gar ein Werk Gottes, bekämpft doch Augustin sogar die Theorie der Mitwirkung des Menschen an seiner Erlösung, den pelagianischen Synergismus. Nein, Augustin gehört ganz und gar in das Kapitel von der Schöpfungslehre; der Entwicklungsgedanke

[24]) M. Reischle, Entwicklungsforschung und evolutionistische Weltanschauung. Zeitschrift für Theologie und Kirche XII, 1902, S. 1. Hier heißt es S. 36: „Das Christentum mit seiner Gottes- und Weltanschauung steht in prinzipiellem Gegensatz zu dem Evolutionismus, nicht nur zu dem naturalistischen und monistischen, sondern auch zu dem idealistischen." Vgl. auch A. Kuyper, Evolutionismus das Dogma moderner Weltanschauung, 1901, S. 6: „Christliche Religion und Entwicklungslehre sind zwei sich überall ausschließende Systeme, Antipoden, zwischen denen weder Versöhnung noch Ausgleich denkbar ist". Beide, Reischle sowie Kuyper, sind entschiedene Christen.

war für das konsequente Christentum immer eine Ketzerei, in welcher Form auch immer er auftrat[25]).

Im fünften christlichen Jahrhundert hatte Dionysius der Areopagite die neuplatonische Emanationslehre erneuert, und es scheint, daß er dieser Lehre eine Reihe von Anhängern zuführte, denn im Jahre 529 wurde sie durch ein Dekret Kaiser Justinians verboten. Natürlich erfolglos. Die Äußerung von Gedanken läßt sich bis zu einem gewissen Grad unterdrücken, der Gedanke nicht, der vielmehr unter äußerem Druck nur erstarkt und endlich auch den stärksten Druck überwindet. Der Neuplatonismus fand eine Zuflucht bei arabischen und jüdischen Philosophen, und auch in der christlichen Welt erhielt sich seine Tradition. An den (pseudo-)areopagitischen Schriften bildete sich Johannes Scottus Eriugena zum „Hegel des 9. Jahrhunderts". Für ihn ist die Schöpfung ein Vorgang (processio), den Scottus Entfaltung (analysis, resolutio) nennt. Dieser Vorgang führe vom Allgemeinen zum Besonderen, mittelst des sukzessiven Eintretens von Differenzen und Proprietäten. Der resolutio folgt wieder eine reversio sive deificatio. Durch Kongregation der Individuen zu Gattungen und schließlich zu der einfachsten Einheit kehrt alles zu Gott zurück, denn Gott ist alles und das All ist Gott[26]).

Ähnlichen Ansichten begegnen wir im 12. Jahrhundert mehrfach, so bei Amalrich von Chartres und David von Dinant. Von diesem berichtet Thomas von Aquino: „Stultissime posuit, deum esse materiam primam". Ebenfalls an den Neuplatonismus knüpft die großzügige Entwicklungslehre des Robert Grosseteste an (1175—1253). Dieser betrachtet den Kosmos als die Selbstentfaltung eines einheitlichen materiellen Urgrundes, als welchen er das Licht bezeichnet. Die Entfaltung erfolgt in immanenter, geometrisch-physikalischer Gesetzmäßigkeit, durch Verdichtung und Verdünnung, Multiplikation und Expansion. Auch die einzelnen Naturerscheinungen, insbesondere die Erzeugung der Pflanzen und Tiere, führt Grosseteste auf gesetzmäßige Wirkungen des Lichtes zurück.

---

[25]) Über Augustin s. F. L. Grassmann, Die Schöpfungslehre des hl. Augustinus und der Darwinismus. 1889. A. Fogazzaro, Per un recente raffronto delle Teorie di S. Agostine e di Darwin. Atti del R. Istituto Venet. ser. VII, tom. II. — [26]) Über die mittelalterliche Philosophie im Allgemeinen Ueberweg-Heinze II, 10. A. 1915. Hgg. von M. Baumgartner. Über Joh. Scottus im Besonderen J. E. K. Rand, 1906.

Neben dem Neuplatonismus wurde auch die Atomistik Demokrits wieder aufgenommen. Adelard von Bath, Wilhelm von Conches, vor allem aber Hugo von St. Viktor (1096—1141) sind ihre namhaftesten Vertreter. Hugo ist überzeugt von der Erhaltung der Materie in allem Wechsel ihrer Verkörperungen. Er beruft sich auf Persius: „de nihilo nihil, in nihilum nil posse revertit". Nicht die Wesenheiten der Dinge vergehen, sondern ihre Formen.

Von der darstellenden Mathematik her wurde der Entwicklungsgedanke ebenfalls vorbereitet. Nicolaus Oresme († 1382) lehrte veränderliche Größen nach dem Prinzip der Koordinaten darstellen, indem er die Ordinate (latitudo) als eine Funktion der Abszisse (longitudo) auffaßte. Jede Vermehrung der Bestimmungspunkte einer Kurve nähert die gebrochene Linie einer stetig gekrümmten an. Diese Tatsache legt den Gedanken nahe, daß durch Summation unendlich kleiner Veränderungen schließlich eine beträchtliche und auffallende Veränderung erzeugt werden müsse.

Nehmen wir endlich den Nominalismus noch hinzu, der die Realität ausschließlich in die Individuen verlegt, die allgemeinen Begriffe zu Abstraktionsresultaten des denkenden Menschen macht und damit die sinnliche Erfahrung in ihr Recht einsetzt und das Interesse an den einzelnen Naturobjekten weckt, so haben wir alles, was das Mittelalter zur Vorbereitung des Entwicklungsgedankens beitragen konnte. Es ist wenig, aber immerhin genug, um die historische Kontinuität vom Altertum zur Neuzeit notdürftig zu erhalten.

Die Frage, die sich in der neuplatonischen Emanationslehre verbarg: wie denn die unterschiedslose Allgemeinheit zur Individuation gelangt, wie die Materie bestimmte Formen annimmt, war auch von Averroes, wie schon von den indischen Philosophen, dahin beantwortet worden, daß die Form in der Materie keimartig beschlossen liege und daraus nur „eduziert" zu werden brauche. Ähnlich besagt der Begriff explicatio, der zu Beginn der neueren Philosophie bei Nicolaus von Cusa (1401—1464) auftritt, nicht mehr als ein Sichentfalten schon vorhandener Formen. Wie bei Platon und Aristoteles geht auch bei dem Cusaner das Sein der Dinge ihrem nur scheinbaren „Werden" voraus. Es gibt eigentlich gar kein Werden. Deshalb kann auch eine Untersuchung über den „Begriff der Entwicklung bei Nicolaus von Cusa"[27])

[27]) P. Kästner, Jenaer Diss. 1896.

nur zu einem für die Entwicklungslehre negativen Ergebnis gelangen.

Nicht viel anders verhält es sich mit Paracelsus' (1493—1541) Lehre „von der Entwicklung"[28]). Denn das Werden ist auch bei ihm nur ein „Sichtbarwerden dessen, was im Ding unsichtbar ist", und durchweg gilt ihm die göttliche Tätigkeit als bewegende Kraft. In der ersten prima materia hat Gott alle Dinge geschaffen zu sein; dann aber hat er sechs Tage gewirkt, extrahiert, separiert, formiert ultimas materias, d. i. ein jegliches Geschöpf. Paracelsus verdeutlicht seine „Entwicklungslehre" durch folgendes Beispiel: „Die Erde", sagt er, „ist schwarz, braun, unflätig, nichts Schönes noch Hübsches. Aber es ist in ihr Grün, Blau, Weiß, Rot, alle Farben, da ist nichts, das nicht in ihr werde. So nun der Frühling kommt und der Sommer, so kommen alle Farben hervor, die, so sich die Erde nicht selbst bezeugte, niemand in ihr vermuten würde. Wie nun aus einem solchen schwarzen Erdreich solche edle subtile Farben gehen, so sind auch so mancherlei Geschöpfe gegangen aus der ersten prima materia, die auch in ihrer Vermischung ein Unflat gewesen ist."

Näher an die moderne Auffassung der Entwicklungslehre kommt Giordano Bruno (1548—1600). Jede „Erzeugung", von welcher Art sie auch sei, ist ihm nur eine Veränderung, das heißt eine andere Art des Seins, während die Substanz immer dieselbe bleibt. Untergang ist nichts anderes als Entstehung, Entstehung nichts anderes als Untergang. Die Unendlichkeit der Formen, unter denen die Materie erscheint, nimmt sie nicht von einem andern oder gleichsam nur äußerlich an, sondern sie bringt sie aus sich selbst hervor, gebiert sie aus ihrem Schoß. Die Kunst bringt die Materie zur Form entweder durch Wegnahme, so, wenn man aus dem Stein eine Bildsäule macht, oder durch Hinzufügung, wenn man z. B. ein Haus baut. Die Natur aber macht aus ihrer Materie alles auf dem Wege der Scheidung, der Geburt, des Ausfließens. Es hindert nichts, anzunehmen, daß nach dem Klange der Leier des universalen Apoll die unteren Organisationen stufenweise zu den höheren berufen werden, respektive die unteren Stufen durch Mittelstufen hindurch in die höheren übergehen. Die eine Gestaltung ist der Ausgangspunkt für eine andere, ebenso wie von der Gestaltung des Embryo zur

---

[28]) R. Eucken, Beiträge zur Einführung in die Geschichte der Philosophie, 1906, S. 22.

Gestaltung des Menschen oder des Tieres eine allmähliche Annäherung stattfindet[29]).

Giordano Bruno hatte mit dem lebhaftesten Interesse auch den neuen Stern und die Diskussion darüber verfolgt, der im Jahre 1572 das aristotelische Dogma von der Unveränderlichkeit der supralunarischen Welt zu Fall brachte. Die Einheitlichkeit der Welt mußte nun auch hinsichtlich ihrer allgemeinen Veränderlichkeit anerkannt werden. Die Eigenschaften des Unveränderlichen, Unwandelbaren war den himmlischen Naturkörpern als etwas Vornehmes und Vollkommenes zugeschrieben worden, während im Gegensatz dazu die Wandelbarkeit und Veränderlichkeit der irdischen Dinge für etwas sehr Unvollkommenes, Niedriges galt, von dem man den Blick am liebsten ablenkte, hin auf das Ewige und Unveränderliche des gestirnten Himmels, der allein die Ehre Gottes erzählte. Dieser Auffassung mußte noch ein Galilei entgegentreten. „Ich für meinen Teil", schrieb er in seinen „Discorsi" 1638, „halte die Erde für höchst vornehm und bewunderungswert gerade wegen der vielen verschiedenen Wandlungen, Veränderungen, Erzeugungen, die ohne Unterlaß auf ihr sich abspielen". Damit war der Bann gebrochen, der so lange von der Beschäftigung mit den veränderlichen Dingen abgehalten hatte; von der ausschließlichen Betrachtung des „Ewigen und Unveränderlichen" wandte sich der abendländische Geist zur Betrachtung des Veränderlichen, er gewann Interesse am „Werden und Vergehen".

Sehr beträchtlich war der Beitrag, den Baco von Verulam (1561—1626) zur Vorbereitung der Entwicklungslehre lieferte, wenn auch nur indirekt, nämlich durch seine Betonung der Induktion als Forschungsmethode der Wissenschaft, die auf Erfahrung, Beobachtung und Experiment als ihren Ausgangspunkt zurückwies, und mehr noch durch die Methode der Vergleichung, die er forderte und anwandte, um mit ihrer Hilfe die Einheit der Natur zu erkennen. Er vergleicht als im Grunde konform die Flossen der Fische, die Beine der Vierfüßler und die Flügel der Vögel, ebenso die Fortpflanzungsorgane der männlichen und weiblichen Wesen. Er fordert die Vergleichung von Auge und Spiegel, Ohr und schallzurückwerfender Wand, eigentümlichen Formen in der Rhetorik und Musik, in der Logik und

[29]) H. Brunnhofer, Giordano Brunos Weltanschauung und Verhängnis, 1882. A. Lasson in seinen Anmerkungen zu G. Brunos Dialog „Von der Ursache, dem Prinzip und dem Einen. 3. A. 1902.

Mathematik, deren Vergleichungspunkte auf höhere, ihnen zu Grunde liegende einheitliche Bedingungen hinweisen[30]). „Bisher, so konstatiert er, haben die Menschen alle ihre Sorgfalt darauf verwendet, die Verschiedenheit der Dinge und die genauen Unterschiede der Tiere, Pflanzen und Gesteine darzutun, und doch sind die meisten dieser Unterschiede mehr Spiele der Natur als von irgend welcher wahren Bedeutung für die Wissenschaft. Derartige Dinge dienen wenig oder gar nichts, um in das Innere der Natur zu blicken. Man muß vielmehr die Ähnlichkeiten in den Dingen erforschen, sowohl in ihrer Ganzheit, als in ihren Teilen. Denn sie eben bilden die Einheit der Natur und legen den Grund zur wirklichen Wissenschaft.“ Baco weiß sehr wohl, daß solche Vergleiche auch in die Irre führen können, darum fügt er hinzu: „Als konforme oder proportionale Fälle darf man jedoch nur die gelten lassen, welche natürliche Ähnlichkeiten zeigen, d. h. reale, in der Natur der Dinge selbst liegende Ähnlichkeiten, nicht bloß zufällige oder vereinzelte, noch weniger abergläubische und wunderbare.“

Fritz Schultze findet mit Recht, daß schon bei Bacon die Gedanken angelegt sind, die sein drei Jahrhunderte später lebender Landsmann Darwin ausführlicher entwickelt und begründet hat. Allerdings nur angelegt; bis zur Ausbildung der Entwicklungslehre war noch ein weiter Weg zurückzulegen.

Vollkommen deutlich, und zwar in seiner naturalistischen Form, tritt uns der Entwicklungsgedanke zuerst bei Descartes (1596—1650) entgegen. Materie und Bewegung ist alles, was er zur Erklärung der Welt braucht. Wunder und Zwecke sind aus dem Naturgeschehen eliminiert. Das unverbrüchliche Naturgesetz herrscht allein, auch im Reiche des Lebendigen. Cartesius macht — wie immer, bevor er seine gefährlichen Gedanken ausspricht — zuerst eine Verbeugung vor der christlich-kirchlichen Auffassung, in einer Weise, die nicht anders als ironisch aufgefaßt werden kann. „Unzweifelhaft,“ sagt er in den „Prinzipien der Philosophie“, „ist die Welt von Anfang an in aller Vollkommenheit geschaffen worden, so daß in ihr die Sonne, die Erde, der Mond und die Sterne existiert haben, und daß es auf der Erde nicht bloß Samen von Pflanzen, sondern diese selbst gab, und auch Adam und Eva nicht als Kinder geboren, sondern erwachsen geschaffen worden

[30]) F. Schultze, Philosophie der Naturwissenschaft. I, 1881, S. 294.

sind. Dies lehrt uns die christliche Religion und die natürliche Vernunft. Denn wenn man die Allmacht Gottes berücksichtigt, so kann er nur das in jeder Beziehung Vollkommene geschaffen haben. Allein, fährt er fort, zum Verständnis der Natur der Pflanzen und Menschen ist es weit besser, ihre allmähliche Entstehung aus dem Samen zu beobachten, als so, wie sie Gott zu Beginn der Welt geschaffen hat. Wir werden also, wenn wir gewisse sehr einfache und leicht zu erkennende Prinzipien annehmen, aus denen wie aus einer Art von Samen die Gestirne, die Erde und alle Dinge abgeleitet werden können, ihre Natur viel besser erkennen, als wenn wir sie bloß betrachten, wie sie jetzt sind.“ Und im „Discours de la methode“ (1637) heißt es ähnlich: „Das Wesen dieser Welt ist viel leichter zu verstehen, wenn man sie in ihrer allmählichen Entwicklung betrachtet, als wenn man sie als schlechthin gegeben und fertig hinnimmt“. Im Geiste dieser genetischen Auffassung der Dinge entwirft Descartes eine mechanische Kosmogonie, die, wenn auch verfehlt, dennoch als ein Denkmal des Entwicklungsgedankens im 17. Jahrhundert bezeichnet werden kann[31]).

Auch Cyrano von Bergerac (1619—1655) ein Schüler des Epikur-Erneuerers Gassendi, lehrt eine stufenweise Entwicklung des Stoffes, in dem er eine Tendenz der Vervollkommnung annimmt. „Alle Wesen in der Natur streben nach größerer Vollkommenheit und trachten danach, Menschen zu werden,“ ein Gedanke, der in der französischen und deutschen Naturphilosophie des achtzehnten und neunzehnten Jahrhunderts noch eine große Rolle gespielt hat. Die anthropozentrische Schöpfungslehre geht über in eine anthropozentrische Entwicklungslehre.

Spinoza (1632—1677), der konsequente Naturalist und Kausalist, der den Epikur, Demokrit und Lukrez hochschätzt, auf die Autorität von Platon, Aristoteles und Sokrates dagegen nicht viel gibt, ist der Philosoph des ewigen Seins. Das Werden interessiert ihn nicht. Es ist zuviel behauptet, wenn man sagt: „Eine Kant-Laplacesche Theorie des Planetensystems, eine Darwinsche Theorie der Tier- und Pflanzenarten ist mit dem Spinozistischen System unverträglich“[32]); sagt er doch

---

[31]) Über Descartes' Kosmogonie vgl. das astrogenetische Kapitel. Über die Stellung von Descartes, Spinoza und Leibniz zum Entwicklungsgedanken H. Heussler, Der Rationalismus des siebzehnten Jahrhunderts in seinen Beziehungen zur Entwicklungslehre. 1885. Descartes, Abhandlung über die Methode. Deutsch von L. Fischer (Reclam), S. 62. — [32]) F. Schultze, Philosophie der Naturwissenschaft I, 1881, S. 336.

in der Vorrede zum dritten Teil seiner Ethik: „Die Natur ist immer und überall eine, und ihre Kraft dieselbe, und die wirkende Macht d. h. die Gesetze und Regeln der Natur, nach welchen alles geschieht und sich aus den einen Gestaltungen in die anderen verwandelt, sind überall und immer dieselben". Spinoza leugnet also die Verwandlungen der Naturdinge nicht, aber er beschäftigt sich nicht näher mit ihnen, und an einem Erklärungsprinzip für die Individuation scheint es ihm zu fehlen. Die Frage Oldenburgs nach der Entstehung der Einzeldinge hat er nie beantwortet[33]). Seine Betrachtung war auf die ganze Natur als einem einzigen Individuum gerichtet, dessen Teile, d. h. alle Körper, auf unzählige Weise sich verändern, ohne daß das gesamte Individuum eine Veränderung erleidet. Von Bedeutung für die Entwicklungslehre wurde sein konsequenter Naturalismus und strenger Kausalismus, sein Monismus der Substanz und Monismus des Geschehens. Dem Menschen gibt er ein Entwicklungsziel in der Vollkommenheit einer menschlichen Natur, die der seinigen um vieles überlegen ist.

Leibniz und die Idee der Stufenleiter.

In Spinozas Wort: „omnia, quamvis diversis gradibus, animata sunt"[34]) ist ein Gedanke angedeutet, den wir schon bei Aristoteles antrafen, und der dann im Neuplatonismus weiter genährt wurde, aber erst durch die Anwendung der Baconschen Methode zur Aufsuchung von Ähnlichkeiten voll zur Auswirkung kam: der Gedanke von der großen Stufenleiter der Wesen. In voller Kraft tritt dieser Gedanke zuerst bei Leibniz auf (1646—1716). „Tout va par degrés dans la nature et rien par saut"—„natura non facit saltus", ist der Grundsatz, den er bei der Betrachtung der Natur anwendet. Und dieser Grundsatz drückt zugleich sein Prinzip der Kontinuität oder Stetigkeit aus. Vom Stein durch die Pflanzen und Tiere zum Menschen bis hinauf zur höchsten Monade, der Gottheit, ist das All ein einziges einheitliches, kontinuierlich zusammenhängendes Stufenreich. Nirgends eine Kluft, eine Lücke, die nicht durch Zwischenglieder ausgefüllt würde, weder zwischen Gott und Mensch, noch zwischen Mensch und Tier, Tier und Pflanze, Organischem und Anorganischem. Durch unendlich kleine Differenzen — wir hören den Erfinder der Differentialrechnung — steigt das All

---

[33]) Spinozas Briefwechsel (Reclam), S. 18. — [34]) Ethik II, 13. Lehrsatz, 7. Hilfssatz, Anmerkung.

lückenlos vom Niedrigsten bis zum Höchsten empor, aber doch nur als eine Stufenreihe, die von Ewigkeit her besteht, nicht als eine Entwicklungsreihe. Nur Aufeinanderfolge dem Grade nach, nicht der Zeit nach. Nur Gradation, nicht Evolution. „Hier folgt kein Wesen aus dem andern, sondern alle bestehen zugleich im Ursprung der Welt, jedes in seiner eigentümlichen Individualität, auf der bestimmten Stufe, die es in der Ordnung des Ganzen einnimmt“[35]. Der „Entwicklungsgedanke“ ist bei Leibniz „nicht in der Form des Werdens, sondern in der Form des Gewordenseins vorhanden“, ja nicht einmal das, sondern in der Form des Geschaffenseins, denn für Leibniz sind die Wesen in ihrer Stufenfolge direkte Schöpfungen Gottes.

Aber die Zweideutigkeit eines Übergangszeitalters kommt doch auch in Leibniz zum Ausdruck. Die Worte développement und évolution kehren in seinen Schriften häufig wieder. In der Schrift über die Verursachung der Dinge heißt es: „Es ist ein beständiger und gänzlich freier Fortschritt des ganzen Universums zum Gipfel der allgemeinen Schönheit und Vollkommenheit der göttlichen Werke anzuerkennen, so, daß es zu immer höherem Anbau fortschreitet, wie jetzt ein großer Teil unserer Erde Kultur erhalten hat und immer mehr erhalten wird. Und wenn es auch wahr sein mag, daß bisweilen einzelne Partien sich wieder bewalden oder wieder zerstört und herabgedrückt werden, so ist doch dies so zu verstehen, daß nämlich eben diese Zerstörung und Herabdrückung dazu helfe, etwas Größeres zu erreichen, so daß wir gewissermaßen durch den Schaden gewinnen. Und wenn eingeworfen werden könnte: so hätte die Welt längst ein Paradies werden müssen, so ist die Antwort bereit: daß, wenn auch schon viele Substanzen zu großer Vollkommenheit gelangt sind, wegen der unendlichen Teilbarkeit des Kontinuums dennoch immer im Abgrund der Dinge schlummernde Teile übrig sind, welche noch zu erwecken und zu Größerem und Besserem, mit einem Wort: zu besserem Anbau zu bringen sind. Man gelangt auch in Zukunft nie zu einem Ende des Fortschritts“. In Kants Kosmogenie kommt dieser Gedanke wieder zum Vorschein. Aber bei Leibniz bringt dieser Fortschritt doch nur zu Tage, was schon fertig vorgebildet ist. „Gleich wie sich findet, daß die Blumen, wie auch die Tiere, schon in den Samen eine Bildung haben, so sich zwar durch andere Zufälle

---

[35]) K. Fischer, Geschichte der neueren Philosophie II, 2. A. S 486. Das folgende Zitat aus Wundt, Leibniz, 1917, S. 84.

etwas verändern kann, so kann man sagen, daß die ganze künftige Welt in der gegenwärtigen stecke und vorgebildet sei.“ Es ist das System der Präformation, das hier zum Ausdruck kommt, und das besonders auch in dem Bereich des Organischen eine Rolle spielt. Für Leibniz sind „die Züge der Zukunft in jedem Ding zum voraus gebildet, und die Spuren der Vergangenheit erhalten sich darin für immer“. Deshalb: „wenn einer eine genügsame Insicht in die inneren Teile der Dinge haben könnte und dabei Gedächtnis und Verstand genug hätte, um alle Umstände wahrzunehmen und in Rechnung zu bringen, würde er ein Prophet sein und in dem Gegenwärtigen das Zukünftige sehen wie in einem Spiegel“[36]).

Wenn zum Begriff der Entwicklung gehört, daß sich immer Neues bildet, Nochnichtdagewesenes, so wird man Leibniz nicht zu den Vertretern der Entwicklungslehre rechnen können; denn nach seiner Auffassung ist alles von Anbeginn der Schöpfung da und wartet nur darauf, ans Licht zu treten oder durch Wachstum sichtbar zu werden.

Die Lehre von der großen Stufenleiter wurde eine Lieblingsidee des 18. Jahrhunderts[37]). Besonders ausgebildet wurde sie von dem Genfer Naturforscher Charles Bonnet (1720—1793), der in seinem „Traité d'Insectologie“ (1745) eine „Echelle des êtres naturelles“ entwarf, die mit dem Äther beginnt, durch Amianth, Steinpflanzen, Korallen und Trüffeln von den Mineralien zu den Pflanzen, von diesen durch Mimose, Seenessel und Polyp zu den Würmern und Schaltieren, von den Schnecken zu den Schlangen, durch die Aale zu den Fischen, durch die fliegenden Fische zu den Vögeln, durch die Fledermäuse zu den Vierfüßlern, durch die Affen zum Menschen aufsteigt. Engel, Erzengel, Seraphinen folgen. Auch in seiner „Contemplation de la nature“ (1784) geht Bonnet auf die „allgemeine Vorstellung der Stufenfolge in den Dingen“ näher ein; wir kommen bei der Erörterung der biologischen Systematik darauf zurück. Auch bei Bonnet ist, wie bei Leibniz, die Idee der Stufenleiter mit dem Gedanken der Präformation verbunden. Von dieser wird im ontogenetischen Kapitel noch zu reden sein.

Buffon, Robinet und viele andere bekannten sich zu der Idee der

---

[36]) Schrift über das Verhängnis, hgg. von Guhrauer, II, 48. — [37]) Vgl. die Monographie von A. Thienemann, die Stufenfolge der Dinge, der Versuch eines natürlichen Systems der Dinge aus dem 18. Jahrhundert. Zoologische Annalen III, 1909, S. 185; auch Carus Sterne, Die allgemeine Weltanschauung in ihrer historischen Entwicklung, 1889, S. 274; Bonnet, Betrachtung der Natur, 1784.

Stufenleiter, die wir auch bei Herder, Goethe und den deutschen Naturphilosophen wiederfinden. Robinet (1735—1820) betrachtet alle Wesen als Variationen eines Prototyps, alle entwickeln sich in der Richtung auf den Menschen hin und bleiben auf verschiedenen Stufen dieser Entwicklung stehen. Zuerst entstehen die einfacheren, dann erst die komplizierteren Formen, aber nicht auseinander, sondern alle aus derselben Muttersubstanz der Mutter Erde, die bei ihren späteren Evolutionen nur deshalb nicht mehr dieselbe ist wie vorher, weil die früheren Produktionen vorausgegangen sind. Die Entstehung dieser ist die Bedingung für die Entstehung der späteren, vollkommeneren Bildungen. Diese eigenartige Entwicklungslehre wirkt bei Herder und Goethe nach, ebenso wie noch bei Fechner im 19. Jahrhundert.

Buffon.

Georg Louis Leclerc, Graf von Buffon (1707—1798), bereitete in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte“ (1749) und in seinen „Epochen der Natur“ (1787), den beiden glänzend geschriebenen Werken, aus denen seine ganze Zeit ihre naturwissenschaftlichen Kenntnisse und Ideen schöpfte, die Entwicklungslehre in vielfacher Hinsicht vor. Seine kosmogenetischen Ansichten befruchteten Kant und Laplace, seine biologischen Theorien Herder, Goethe, Erasmus Darwin und Lamarck; wir haben in den speziellen Kapiteln Gelegenheit, darauf zurückzukommen. Mit seiner großzügigen Auffassung macht in aller Kürze und Trefflichkeit die Einleitung zu den „Epochen der Natur“ bekannt. Die Natur ist für Buffon gleich alt mit der Materie, dem Raum und der Zeit; ihre Geschichte begreift daher die Geschichte aller Substanzen, aller Örter und jedes Zeitalters. Obgleich bei dem ersten Blick ihre großen Werke sich weder zu ändern noch zu verwandeln scheinen, und sie in ihren Schöpfungen, selbst in den vergänglichsten, sich selbst gleich scheint, weil ihre ersten Formen sich uns in jedem Augenblick in einer neuen Form darstellen, so finden wir doch bei näherer Betrachtung, daß sie nicht immer gleichförmig wirkt. Wir sehen, daß sie merkliche Abänderungen annimmt, aufeinander folgende Veränderungen zuläßt, neue Zusammensetzungen erzeugt, und Materie und Form verändert. Kurz, so unmittelbar sie im ganzen zu sein scheint, so wandelbar ist sie in ihren Teilen; und umfassen wir sie in ihrer ganzen Größe, so werden wir unwidersprechlich überzeugt, daß

sie jetzt ganz von dem verschieden ist, was sie im Anfang war und was sie in der Folge der Zeit geworden ist.

Diese verschiedenen Veränderungen der Natur nennt Buffon Epochen. Die Natur ist durch verschiedene Zustände hindurch gegangen. Die Oberfläche der Erde hat verschiedene Gestalt angenommen, selbst die Himmel haben sich verändert. Die ganze physische Welt ist, wie die moralische, in einem ewigen Flusse aufeinander folgender Veränderungen.

Der Zustand, in dem wir die Natur jetzt sehen, ist eben so sehr unser Werk wie das ihrige. Wir veränderten, modifizierten sie und lenkten sie nach unseren Bedürfnissen und Begierden. Wir gründeten, bebauten und befruchteten die Erde. Ihre jetzige Gestalt ist also sehr weit von der verschieden, die sie vor der Erfindung der Künste hatte. Das goldene Zeitalter der Fabel ist das eiserne der Physik und der Wahrheit. Der halbwilde, vereinzelte und wenig zahlreiche Mensch der damaligen Zeit kannte seine Kraft und seinen Reichtum nicht. Der Schatz seiner Einsichten war gering. Er kannte nicht die Macht des übereinstimmenden Wollens, und wußte nicht, daß er durch überlegte und anhaltende Arbeit das Bild seiner Ideen der ganzen Welt aufprägen konnte.

Damit war allerdings der Gang der Naturentwicklung klar beschrieben, die, wie Buffon richtig erkennt, ihre entscheidende Wendung durch den von Einsicht gelenkten Willen des Menschen erhält.

Herder.

Herder (1744—1803) stand durchaus auf dem Boden der Stufenleiter-Idee[38]). Vom Stein zum Kristall, vom Kristall zu den Metallen, von

[38]) Vgl. Herders „Ideen zur Philosophie der Geschichte". 1784. Über Herders Stellung zur Entwicklungslehre: F. Bärenbach, Herder als Vorgänger Darwins in der modernen Naturphilosophie. 1877 (unkritisch und oberflächlich); L. Posadzy, Der entwicklungsgeschichtliche Gedanke bei Herder. Diss. Münster 1906; A. Hansen, Haeckels Welträtsel und Herders Weltanschauung. 1907 (H. findet die Lehren der Deszendenztheorie bei Herder „in völlig vollendeter Form" ausgesprochen: S. 14); W. May, Herders Anschauung der organischen Natur. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik IV, 1912; R. Noll, Herders Verhältnis zur Naturwissenschaft und dem Entwicklungsgedanken. Archiv für Geschichte der Philosophie 26, 1913. J. H. F. Kohlbrugge, Herders Verhältnis zu modernen Naturanschauungen. Die Naturwissenschaften I, 1913, Heft 46, S. 1110. Meine Auffassung stimmt im wesentlichen mit der Auffassung der drei letztgenannten Autoren überein.

diesen zur Pflanzenschöpfung, von den Pflanzen zum Tiere, von diesem zum Menschen sieht er die Form der Organisation steigen, mit ihr die Kräfte und Triebe der Geschöpfe vielartiger werden und sich endlich in der Gestalt des Menschen vereinigen[39]. „Die unermeßliche Kette reicht vom Schöpfer hinab bis zum Keim eines Sandkörnchens". Das ist genau die Vorstellung und die Ausdrucksweise der Stufenleiter-Idee von Bonnet und anderen. Die „Entwicklungslehre" Herders gleicht auffallend der von Paracelsus und Robinet; sie nimmt dazu die berühmte „Katastrophen-Theorie" Cuviers voraus. „Die Masse wirkender Kräfte und Elemente, aus der die Erde ward, enthielt als Chaos wahrscheinlich alles, was auf ihr werden sollte und konnte," heißt es in den „Ideen". „In periodischen Zeiträumen entwickelte sich aus geistigen und körperlichen staminibus die Luft, das Feuer, das Wasser und die Erde. Mancherlei Verbindungen des Wassers, der Luft, des Lichts mußten vorhergegangen sein, ehe der Same der ersten Pflanzenorganisation, etwa das Moos, hervorgehen konnte. Viele Pflanzen mußten hervorgegangen und gestorben sein, ehe eine Tierorganisation ward; auch bei dieser gingen Insekten, Vögel, Wasser- und Nachttiere den gebildeteren Tieren der Erde und des Tages vor, bis endlich nach allen die Krone der Organisation unserer Erde, der Mensch, auftrat. Er der Sohn aller Elemente und Wesen, ihr erlesenster Inbegriff und gleichsam die Blüte der Erdenschöpfung, konnte nicht anders als das letzte Schoßkind der Natur sein, zu dessen Bildung und Empfang viele Entwicklungen und Revolutionen vorhergegangen sein mußten"[40].

Herder betrachtet die Natur, speziell die Erde, als einen großen Organismus, der in seinem Urzustand ungeschieden alle Materien der künftigen Bildungen in sich trug. Aus dieser Urmaterie und Muttersubstanz kristallisierten gleichsam die Einzelwesen in bestimmter Reihenfolge aus. Die Natur „läutert sich empor", das heißt, aus dem Ganzen muß erst das Niedere, Gröbere ausgeschieden sein, bevor das Höhere, Feinere aus der zurückbleibenden geläuterten Masse entstehen kann. Daß Herder wirklich die Entstehung der Lebewesen als eine Art Kristallisationsvorgang auffaßte, beweist eine Stelle der „Ideen", wo er sagt: „Im Blick des ewigen Wesens, der alles in einem Zusammenhang sieht, hat vielleicht die Gestalt des Eisteilchens, wie es sich erzeugt, und der Schneeflocke, die sich in ihr bildet, noch immer ein analoges

---

[39]) Ideen, 5. Buch, I. Die folgende Stelle 2. Buch, I.—[40]) Ideen, 1. Buch, III.

Verhältnis mit der Bildung des Embryo im Mutterleib"[41]). Wie dieser, so kristallisieren nach Herders Auffassung die Keime der Wesen überhaupt aus der Muttersubstanz der Erde aus. Sie stammen nicht einer vom andern ab. Und was einmal so entstanden ist, kann sich wohl unter dem Einfluß der äußeren Bedingungen verändern, aber nicht in eine andere Art umändern. „Kein Geschöpf, das wir kennen, ist aus seiner ursprünglichen Organisation gegangen und hat sich ihr zuwider eine andere bereitet, da es ja nur mit Kräften wirkte, die in seiner Organisation lagen, und die Natur Wege genug wußte, ein jedes der Lebendigen auf dem Standpunkt festzuhalten, den sie ihm anwies"[42]). Er nennt zwar die Tiere „des Menschen ältere Brüder", spricht aber andererseits von der „entehrenden Tradition, die den Menschen vom Affen herleitet".

Die Entstehung neuer Wesen erfolgt nicht gleichmäßig zu jeder Zeit. Herder ist vielmehr der Meinung, daß die Erde bestimmte Gebärzeiten hat, die durch Revolutionen bezeichnet werden. Er ist überzeugt, „daß unsere Erde aus ihrem Chaos von Materien und Kräften unter der belebenden Wärme des schaffenden Geistes sich zu einem eigenen und ursprünglichen Ganzen durch eine Reihe zubereitender Revolutionen gebildet habe. Das Wasser hat überschwemmt und Erdlagen, Berge, Täler gebildet, das Feuer hat gewütet, Erdrinden zersprengt, Berge emporgehoben und die geschmolzenen Eingeweide der Erde hervorgeschüttet usw."[43]). Durch solche Revolutionen wurde der Erde immer von neuem wieder die Möglichkeit gegeben, neue und neuartige Tiere zu erzeugen. Das erste lebendige Gebilde entstand im Wasser. Es entstand „mit der Gewalt einer schaffenden Urkraft, die noch nirgends anders wirken konnte", und organisierte sich zuerst in einer unendlichen Menge von Schalentieren, dem einzigen, was in diesem schwangeren Meere leben konnte. „Bei fortgehender Ausbildung der Erde fanden sie häufig ihren Untergang, und ihre zerstörten Teile wurden die Grundlage zu feineren Organisationen". So geschah es bei jeder neuen Erdrevolution. Also nicht aus den vorhandenen Tieren selbst, sondern aus ihrer Materie bildeten sich neue und höhere Arten.

Die „Entwicklungslehre" der „Ideen" war immerhin noch verfeinert gegenüber der ganz und gar theologischen Auffassung, die zehn Jahre vor-

---

[41]) Ideen, 2. Buch, IV. — [42]) Ideen, 3. Buch, VI. Die folgende Stelle 10. Buch, IV. — [43]) Ideen, 10. Buch I. Ebenda das Folgende.

her in der Abhandlung „über die älteste Urkunde des Menschengeschlechts“ zum Ausdruck gekommen war. Hier erläutert Herder die biblische Genesis und macht zu dem Bibelwort: „Gott sprach: Die Erde gebäre Lebendes allerlei Art, zahm und wild und Gewürm allerlei Art, und es ward“, die kühne Bemerkung: „Großes Ward! Die wimmelnde gebärende Erde! Hier ein Kloß sich loswindend — ein Roß! Dort ein Hügel und brüllt — ein Löwe! Hier wälzt sich ein Gebürge — Behemoth oder Elefant! Dort das Heer von Gewürm und Insekten!“ Im Grunde genommen war jedoch die spätere Auffassung Herders von seiner früheren nicht wesentlich verschieden. Theolog blieb er immer, Pantheist im eigentlichen Sinne des Wortes, für den Gott alles in allem ist und die Natur nichts. „Die Natur ist kein selbständiges Wesen, sondern Gott ist alles in seinen Werken“, heißt es in der Vorrede der „Ideen“.

Man kann Herder nach all dem im äußersten Falle nur einen höchst primitiven Entwicklungsbegriff zuschreiben; keinesfalls war er ein Vorläufer der Deszendenztheorie im Sinne Lamarcks und Darwins. „Er, der mit solcher Entschiedenheit ein Hauptplasma in allen Bildungen der Erde verfolgt, bleibt doch bei dem Nachweis einer Stufenfolge der Wesen stehen, ohne den Schritt zur Entwicklungslehre zu wagen . . . Der Entwicklungsgedanke als Leitung des Forschens auf den Zusammenhang und die Richtung von Gesetzen fehlt für die Geschichte wie für die Naturwissenschaft. Wir bleiben in beiden Gebieten bei der Beschreibung stehen. Einer Beschreibung, die naturwissenschaftlich und religiös ist. In alle Begriffe dringt der doppelte Sinn. Die geistige Kraft, das Innere der Natur — diese Vorannahmen spielen in alle Beobachtungen hinein und bauen hinter dieser sichtbaren in beiden Teilen eine unsichtbare Welt, hinter dem Schein des Irdischen das überirdische Wesen, auf das jenes nur hindeutet“[44]).

Kant.

Herders „Ideen“ wurden von Kant[45]) rezensiert. Für diesen besitzt die Idee der Stufenleiter geringen Wert. Die Kleinheit der Unterschiede,

---

[44]) Eugen Kühnemann, Einleitung zu Herders „Ideen“ in Kürschners Deutscher Nationalliteratur, Bd. 76, S. XXXVI und LX. R. Noll konstatiert: „Herder weist ausdrücklich den Entwicklungsgedanken im heutigen Sinne ab.“ Ebenso Grundmann, Die geographischen und völkerkundlichen Quellen und Anschauungen in Herders Ideen. 1900. — [45]) Im Jahre 1785. Fritz Schultze, Kant und Darwin, 1875, hat das Material zur Beurteilung der

wenn man die Gattungen ihrer Ähnlichkeit nach aneinander paßt, sei bei so großer Mannigfaltigkeit eine notwendige Folge eben dieser Mannigfaltigkeit. „Nur eine Verwandtschft unter ihnen, da entweder eine Gattung aus der andern, und alle aus einer einzigen Originalgattung oder etwa aus einem einzigen erzeugenden Mutterschoß entsprungen wären, würde auf Ideen führen". Kant spricht hier den Grundsatz der Deszendenztheorie deutlich aus, aber nur, um sogleich hinzuzufügen: die Ideen, die daraus entspringen würden, „sind so ungeheuerlich, daß die Vernunft vor ihnen zurückbebt".

In der „Kritik der Urteilskraft" vom Jahre 1790 kommt Kant auf das „gewagte Abenteuer der Vernunft" zurück. Da heißt es in dem berühmten § 80: „Die Übereinkunft so vieler Tiergattungen in einem gewissen gemeinsamen Schema, das nicht allein in ihrem Knochenbau, sondern auch in der Anordnung der übrigen Teile zum Grunde zu liegen scheint, wo bewunderungswürdige Einfalt des Grundrisses durch Verkürzung einer und Verlängerung anderer, durch Einwicklung dieser und Auswicklung jener Teile eine so große Mannigfaltigkeit von Species hat hervorbringen können, läßt einen, obgleich schwachen, Strahl von Hoffnung in das Gemüt fallen, daß hier wohl etwas mit dem Prinzip des Mechanismus der Natur, ohne welches es überhaupt keine Wissenschaft geben kann, auszurichten sein möchte. Diese Analogie der Formen, sofern sie bei aller Verschiedenheit einem gemeinschaftlichen Urbilde gemäß erzeugt zu sein scheinen, verstärkt die Vermutung einer wirklichen Verwandtschaft derselben in der Erzeugung von einer gemeinschaftlichen Urmutter, durch die stufenartige Annäherung einer Tiergattung zur andern, von derjenigen an, in welcher das Prinzip der Zwecke am meisten bewährt zu sein scheint, nämlich dem Menschen, bis zum Polyp, von diesem sogar bis zu Moosen und Flechter, und endlich zu der niedrigsten uns merklichen Stufe der Natur, zur rohen Materie, aus welcher und ihren Kräften, nach mechanischen Gesetzen

---

Stellung Kants hinsichtlich der Biogenetik annähernd vollständig zusammengestellt. Vgl. ferner: K. Dieterich, Kant u. Newton, 1876. A. Dorner, Über die Entwicklungsidee bei Kant. In dem Sammelwerk: Zur Erinnerung an Immanuel Kant. 1904. Th. Elsenhans, Kants Rassentheorie, 1904. G. Gerland, Im. Kant, seine geographischen u. anthropologischen Arbeiten, 1906. E. König, Kant und die Naturwissenschaft, 1907 W. May, Kants Stellung zum Deszendenzproblem. Archiv f. d. Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik III, 1910, S. 103. P. Menzer, Kants Lehre von der Entwicklung in Natur u. Geschichte, 1911. Vgl. auch E. Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte, 5. Vortrag.

(gleich denen, wonach sie in Kristallerzeugungen wirkt), die ganze Technik der Natur, die uns in organisierten Wesen so unbegreiflich ist, daß wir uns dazu ein anderes Prinzip zu denken genötigt glauben, abzustammen scheint.“

„Hier steht es nun dem Archäologen der Natur frei, aus den übriggebliebenen Spuren ihrer ältesten Revolutionen, noch allem ihm bekannten oder gemutmaßten Mechanismus derselben, jene große Familie von Geschöpfen (denn so müßte man sie sich vorstellen, wenn die genannte durchängig zusammenhängende Verwandtschaft einen Grund haben soll) entspringen zu lassen. Er kann den Mutterschoß der Erde, die eben aus ihrem chaotischen Zustand herausging (gleichsam als ein großes Tier), anfänglich Geschöpfe von minder zweckmäßiger Form, diese wiederum andere, welche angemessener ihrem Zeugungsplatze und ihrem Verhältnis untereinander sich ausbildeten, gebären lassen, bis diese Gebärmutter selbst, erstarrt, sich verknöchert, ihre Geburten auf bestimmte, fernerhin nicht ausartende Species eingeschränkt hätte, und die Mannigfaltigkeit so bliebe, wie sie am Ende der Operation jener fruchtbaren Bildungskraft ausgefallen war.“

Kant verhält sich dieser Hypothese gegenüber durchaus skeptisch; soweit unsere Erfahrungskenntnis der Natur reiche, sei alle Zeugung generatio homonyma, die ein in der Organisation selbst mit dem Erzeugenden gleichartiges Produkt hervorbringe. Die Natur, heißt es in der Abhandlung „von den verschiedenen Rassen der Menschen“ (1775), bringe bei der Wanderung und Verpflanzung der Tiere und Gewächse dem Scheine nach neue Arten hervor; diese seien jedoch nichts anderes als Abartungen und Rassen von derselben Gattung, deren Keime und natürliche Anlagen sich nur gelegentlich in langen Zeitläuften auf verschiedene Weisen entwickelt haben. Die ersten Anlagen, so setzt die Abhandlung „über den Gebrauch teleologischer Prinzipien in der Philosophie“ (1788) weiter auseinander, seien aber nicht unter verschiedene Individuen verteilt — denn sonst wären es so viele verschiedene Stämme geworden —, sondern im ersten Paar, z. B. des Menschen, vereinigt; und so paßten ihre Abkömmlinge, an denen noch die ganze ursprüngliche Anlage für alle künftige Abartungen ungeschieden ist, zu allen Klimaten (in Potentia), nämlich so, daß sich derjenige Keim, der sie demjenigen Erdstriche, in welchen sie oder ihre frühen Nachkommen geraten würden, angemessen machen würde, daselbst entwickeln könnte. Das Wort „Rasse“ übersetzt Kant mit „Abartung“,

um sie von der Ausartung zu unterscheiden, „die man nicht einräumen kann, weil sie dem Gesetze der Natur (in der Erhaltung ihrer Spezies in unveränderlicher Form) zuwiderläuft".

Kant lehnt also sogar die Neubildung einer Abart mit Bestimmtheit ab, auch sie ist „ursprünglich" angelegt. „Ich meinerseits" heißt es ausdrücklich in der eben erwähnten Abhandlung, „leite alle Organisation von organischen Wesen (durch Zeugung) ab, und spätere Formen nach Gesetzen der allmählichen Entwicklung von ursprünglichen Anlagen, die in der Organisation ihres Stammes anzutreffen waren. Wie dieser Stamm selbst entstanden sei, diese Aufgabe liegt gänzlich über den Grenzen aller dem Menschen möglichen Physik hinaus".

Der „Alte vom Königsberge" hatte eine Kosmogenie geschaffen, aber von einer Biogenie war er weit entfernt. Ist es doch nach seiner Ansicht „ungereimt zu hoffen, daß die Wissenschaft dereinst auch nur die Erzeugung eines Grashalms nach Naturgesetzen, die keine Absicht geordnet hat, begreiflich machen werde".

Goethe.

Anders Goethe, der das gewagte Abenteuer der Vernunft mutig bestanden zu haben selbst sich rühmt[46]). Goethe war vollkommen theologiefrei. Die Grundlage seiner Weltanschauung ist Spinozas „deus sive natura". Die Natur ist ihm das Ewig-Eine, das sich vielfach offenbart. Sie ist ihm „ein lebendiges Ganzes, das eben weil es lebendig ist, schon Ursache und Wirkung in sich schließt, an das wir also hintreten und von ihm selbst Rechenschaft fordern können, dem wir zutrauen können, daß es uns Auskunft über die Art seines Daseins geben

[46]) Goethes Stellung in der Vorgeschichte des „Darwinismus", d. h. der Deszendenztheorie, ist sehr oft behandelt worden. Der erste, der „darwinistische" Gedanken bei Goethe fand, war K. H. Meding (Goethe als Naturforscher in Beziehung zur Gegenwart, 1861). Nach ihm war es ein französischer Schriftsteller, E. Caro, der die Naturanschauung Goethes im Verhältnis zu der Darwins eingehend erörterte (La philosophie de Goethe. Revue des deux mondes, 15. Nov. 1865, ebenso in einem selbständigen Werk unter diesem Titel, 1866, Kap. V). Unabhängig davon hat E. Haeckel in seiner „Generellen Morphologie" (1866, II, S. 157) Goethe als „den selbständigen Begründer der Deszendenztheorie in Deutschland" gefeiert; ebenso in seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" (1868). Ihm folgten viele, u. a. S. Kalischer in seiner Einleitung zu Goethes naturwissenschaftlichen Schriften in der Hempelschen Ausgabe von Goethes Werken (auch als Sonderdruck erschienen, 1878). Der Anatom O. Schmidt wandte sich 1871 gegen diese Auffassung (War Goethe ein Darwinianer?), gibt

werde". Und er ist überzeugt, „daß die Natur kein Geheimnis habe, das sie nicht irgendwo dem aufmerksamen Beobachter nackt vor die Augen stellt".

Seine Methode ist die entwickelnde, entfaltende, welche die Erscheinungen „in ihrer Filiation" verfolgt. Der „Geschichte seiner botanischen Studien" stellt er das Wort Turpins voran: „Voir venir les choses est le meilleur moyen de les expliquer". Schon 1781 faßt er den Plan, einen „Roman über das Weltall" zu schreiben, der eine an die Kosmogenie angeknüpfte Erdgeschichte enthalten sollte. Ebenso zeugt ein „Entwurf einer allgemeinen Geschichte der Natur" von seiner genetischen Denkweise. In einer Skizze vom Jahre 1806 heißt es: „Die neuen Erfahrungen zeigen das Universum selbst nicht als fertig. Die Nebelsterne sieht man als Massen werdender Welten an. Die Kometen betrachtet man als werdende Erdkörper. Entscheidung zur Möglichkeit eines sukzessiven Werdens. Alles was wir entstanden sehen und eine Sukzession dabei gewahr werden, davon verlangen wir dieses sukzessive Werden einzusehen. So wie die wahre Geschichte überhaupt nicht das Geschehene aufzählt, sondern wie sich das Geschehene auseinander entwickelt und darstellt." Er dringt überall auf den Ursprung, das „Urphänomen". Er steigt, wie es in dem berühmten Brief Schillers vom 23. August 1794 heißt, von der einfachen Organisation Schritt vor Schritt zu der mehr verwickelten hinauf, um endlich die verwickeltste von allen, den Menschen, genetisch aus den Materialien des ganzen Naturgebäudes zu erbauen.

Das Urphänomen in der organischen Welt ist ihm der „Typus", „die wesentliche Form, mit der die Natur gleichsam nur immer spielt und spielend das mannigfaltige Leben hervorbringt". Hinter den Typus

aber 1883 zu, daß Goethe „doch von der wirklichen Umwandlung der Arten und der Abstammung des Menschen überzeugt war". (Deszendenzlehre und Darwinismus, 3. Aufl. 1884, Vorwort, S. VII). Seitdem ist die Frage noch oft behandelt worden. Man vergl. die Einleitungen und Anmerkungen zu Goethes naturwissenschaftlichen Schriften in den Goethe-Ausgaben, insbesondere Max Morris (Cottasche Jubiläumsausg. Bd. 39), Wilhelm Bölsche (Heinemannsche Ausgabe Bd. 29 u. 30), Rudolf Steiner (Kürschners Deutsche Nationalliteratur Bd. 114). Ferner K. von Bardeleben, Goethe als Anatom. Goethe-Jahrbuch XIII, 1892, S. 163. R. Magnus, Goethe als Naturforscher, 1908. J. H. F. Kohlbrugge, Historisch-kritische Studien über Goethe als Naturforscher. 1913. C. Siegel, Geschichte der deutschen Naturphilosophie, 1913. W. v. Wasielewski, Goethe und die Deszendenzlehre, 1904. H. Siebeck, Goethe als Denker, 2. A. 1905, 2. Kapitel. A. Hansen, Goethes Metamorphose der Pflanzen, 1907.

geht Goethe nicht zurück, beim Urphänomen beruhigt er sein Nachforschen; aber er weiß und spricht es aus, daß diese Beruhigung nur eine Resignation ist, und er notiert sich auf ein Studienblatt der neunziger Jahre: „Zeit, wo der Typus beweglicher war“. Der Typus ist beschränkt, bestimmt und allgemein; die simultane Metamorphose, die Verschiedenheiten der Typen, ist im übrigen durch die Fortpflanzung schon entschieden; aber aus der Versatilität dieses Typus, in welchem die Natur mit großer Freiheit sich bewegen kann, leiten sich die vielen Geschlechter und Arten der vollkommeneren Tiere und Pflanzen ab. Und zwar so, daß das Ganze sich in Familien, Familien in Geschlechter, Geschlechter in Sippen, und diese wieder in andere Mannigfaltigkeiten bis zur Individualität scheiden, sondern und umbilden. Denn die Natur beobachte stets ein analytisches Verfahren, eine Entwicklung aus einem lebendigen geheimnisvollen Ganzen. Aber zuweilen scheine sie auch synthetisch zu handeln, indem völlig fremd scheinende Verhältnisse einander angenähert und zusammen in eins verknüpft werden [47].

Die Entwicklung ist stetig. Die Natur kann zu allem, was sie machen will, nur in einer Folge gelangen. Sie macht keine Sprünge. Sie könnte zum Exempel kein Pferd machen, wenn nicht alle übrigen Tiere voraufgingen, auf denen sie wie auf einer Leiter bis zur Struktur des Pferdes heransteigt [48]. So mannigfaltig sie erscheint, ist sie doch immer ein Eins, eine Einheit, und so muß, wenn sie sich teilweise manifestiert, alles übrige diesem zur Grundlage dienen, dieses in dem übrigen Zusammenhang haben.

Die Entwicklung erfolgt polarisch, d. h. in Gegensätzen. Das Eine entzweit sich in sich selbst und wird so fortschreitend zur Vielheit.

Die Entwicklung ist Steigerung, und Steigerung ist Vergeistigung, d. i. Verfeinerung der Materie. Deutlich ausgesprochen ist dies in dem Versuch, die „Metamorphose der Pflanzen zu erklären“ (1790). Diese ist ein Prozeß, welcher „dergestalt sich veredelnd vorschreitet, daß alles Stoffartige, Geringere, Gemeinere nach und nach zurückbleibt und in größerer Freiheit das Höhere, Geistige, Bessere zur Erscheinung kommen läßt“. Die Kotyledonen oder Samenblätter sind unförmlich

[47]) Einwirkung der neueren Philosophie (1820). Goethes Naturanschauung und Entwicklungsbegriff ist durchaus analytisch, nicht synthetisch, wie man allenthalben liest. Er geht überall von dem geheimnisvollen Monon aus, das sich differenziert, vom Ganzen, nicht von seinen Elementen, um es synthetisch aus diesen zu erbauen. — [48]) Gespräch mit Riemer, 19. März 1807.

und mit einer rohen Materie gleichsam ausgestopft, fast gar nicht oder nur grob organisiert und ungebildet. Die Blätter verdanken ihre feinere Ausbildung der Luft und dem Lichte, die sie einsaugen und mit den in ihrem Innern enthaltenen Feuchtigkeiten verbinden. Sie bringen diese feineren Säfte in den Stengel zurück und befördern die Ausbildung der in ihrer Nähe liegenden Augen. Jeder höhere Knoten, indem er aus dem vorhergehenden entsteht und die Säfte unmittelbar durch ihn empfängt, erhält diese feiner und filtrierter und kann sich somit selbst wie auch seine Blätter und Augen feiner ausbilden. Indem auf diese Weise die roheren Flüssigkeiten immer abgeleitet, reinere herbeigeführt werden und die Pflanze sich stufenweise feiner ausarbeitet, erreicht sie den von der Natur vorgeschriebenen Punkt: die Blüte, wo die Säfte nunmehr höchst rein sind. Den höchsten Grad der Reinheit hat die Materie in den weißen Blumenblättern erhalten. Die feine Materie, welche sich in den Antheren entwickelt, erscheint uns als Staub; diese Staubkügelchen sind aber nur Gefäße, worin höchst feiner Saft aufbewahrt wird. Dieser Saft wird von den Pistillen, an denen sich die Staubkügelchen anhängen, eingesogen und so die Befruchtung bewirkt. So schildert Goethe die Steigerung der Materie in der individuellen Metamorphose und ist „nicht abgeneigt, die Verbindung der beiden Geschlechter eine geistige Anastomose zu nennen", eine Verbindung der feinsten, „geistigsten" Stoffe. Die Metamorphose offenbart, wie die Gott-Natur das Feste zu „Geist" verrinnen läßt.

Es liegt nahe, anzunehmen, daß sich Goethe auch die „systematische oder simultane Metamorphose", d. h. die Entwicklung der Familien usw. in dieser Weise, als fortschreitende Verfeinerung der Materie, gedacht hat, die, als gemeinsame Muttersubstanz, das Höhere erst dann hervorbringen kann, wenn das Geringere vorher ausgeschieden ist.

Im übrigen aber muß gesagt werden, daß Goethe seine Entwicklungsgedanken nicht eindeutig ausgesprochen hat. Seine Gemeinschaft mit Herder, seine genaue Bekanntschaft mit Buffon, der die Idee der Stufenleiter vertrat, der ganze Zeitgeist, der dieser Idee geneigt war und der in ihm, dem „Kollektivwesen, welches den Namen Goethe trägt", zum vollbewußten Ausdruck kommt, dies alles verhindert, ihn uneingeschränkt zu einem Vorläufer Darwins, d. h. der Entwicklungslehre im heutigen Sinne zu machen. Der Satz: Die Natur könne zu allem, was sie machen will, nur in einer Folge gelangen, kann im Sinne der heutigen Entwicklungslehre aufgefaßt werden — aber

auch im Sinne Robinets und Herders. Der vielzitierte Satz: „Dies also hätten wir gewonnen, ungescheut behaupten zu dürfen, daß alle vollkommneren Naturen, worunter wir Fische, Amphibien, Vögel, Säugetiere und an der Spitze der letzteren den Menschen sehen, alle nach einem Urbilde geformt seien, das nur in seinen sehr beständigen Teilen mehr oder weniger hin und her weicht und sich noch täglich durch Fortpflanzung aus- und umbildet"[49]) — dieser Satz kann im Sinne der Deszendenztheorie verstanden werden, aber auch im Sinne der Stufenleiter-Theorie, die ja auch, wie im Falle Herders, „alle Lebendigen unserer Erde nach einem Hauptplasma der Organisation gebildet" glaubt. Eben diese „Einheit des Typus", nicht eigentlich die Deszendenz, steht in dem Streit zwischen Geoffroy St. Hilaire und Cuvier in Frage, in dem Goethe zu einem leidenschaftlichen Teilnehmer Geoffroys wird. Eben diese Idee von der Einheit des Typus veranlaßte Goethe, nach dem Zwischenkiefer des Menschen zu suchen. Die Metamorphose der Pflanzen aber bezieht sich auf die Ontogenie; Goethe bezeichnet sie ausdrücklich als „individuelle" Metamorphose. Mit Phylogenie im Sinne Haeckels hat sie nichts zu tun. Kurz, man hat wohl nynoskopisch allzuviel in Goethe hineingedeutet, wenn man ihn zu einem Biogenisten m heutigen Sinne macht. Bölsche trifft gewiß das Richtige, wenn er sagt, daß man Goethe am meisten gerecht wird, wenn man ihn nicht immer bloß als „Vorgänger" mißt, sondern ihm eine eigene Position zuerkennt, eine ganz bestimmte Form der Entwicklungshypothese[50]).

Goethe kann auch ganz gewiß nicht aus sich allein begriffen werden, sondern nur im Zusammenhang mit seinen Zeitgenossen, vor allen jenen, mit denen er in Gedankenaustausch stand, Herder, Schelling, Steffens, Carus, Meckel. Henrich Steffens veröffentlichte 1801 „Beiträge zur inneren Naturgeschichte der Erde", die er dem Herrn Geheimderat von Goethe widmete. Er läßt die ersten Stufen jeder Tierorganisation durch Urzeugung der „animalisierenden Natur" entstehen, und zwar ist für ihn das Wasser „das Element, welches den Keim zu allen Entwürfen der produzierenden Natur zu enthalten scheint". Aber wie die höheren Stufen aus den niedersten entstehen, bleibt auch bei ihm zweifelhaft. Der Entwicklungsgedanke war eben zu jener Zeit noch unklar. Einen Fingerzeig für die Auffassung Steffens' und seiner gleich-

---

[49]) Vorträge über vergleichende Anatomie (1796). — [50]) W. Bölsche, Einleitung zu Goethes naturwissenschaftlichen Schriften. Ausg. von Heinemann, Bd. 39, S. 25. Über Cuvier und Geoffroy vgl. Kap. 12 dieses Buches.

gesinnten Genossen gibt indessen seine Theorie von den „Residuen des tierischen Prozesses, nämlich der Ausscheidung des in ihnen enthaltenen anorganischen Stoffes, bei den „Würmern" des Kalkes, bei den Insekten des Horns, bei den Wirbeltieren des Knochengerüsts. „Der Wurm setzt eine Kalkmasse ab — als hätte er ein Stück von der toten Erdmasse losgerissen, das er noch immer mit sich schleppen muß" (S. 315 f.). Es ist derselbe Gedankengang, der die vollendeteren Engel im „Faust" sagen läßt: „Uns bleibt ein Erdenrest zu tragen peinlich." Die höhere Animalisation wird bei Steffens erreicht durch Verfeinerung des Stoffes, wie Goethe die höchsten Stufen der Vegetation erreichen läßt durch immer zunehmende Vergeistigung der Materie.

C. G. Carus.

Klar und deutlich ausgesprochen sind die Grundideen Goethescher Entwicklungslehre in den „Grundzügen allgemeiner Naturbetrachtung" von C. G. Carus, die Goethe in seine Hefte „zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie" (2. Bd. 2. Heft) aufgenommen hat als mit seinen eigenen Anschauungen übereinstimmend. Da heißt es:

I. Alles Entstehen, alles sich Bilden, ist seinem Wesen nach ein Hervorgehen eines Bestimmten aus einem Unbestimmten, Bestimmbaren.

II. Alles Vergehen, alles Zurückgebildetwerden, ist ein Auflösen eines Bestimmten in ein Unbestimmtes, welches sofort wieder einer neuen Bestimmung fähig wird.

III. Inwiefern alles in Raum und Zeit Bestehende durch Bildung entstanden und der Rückbildung unterworfen ist, werden wir genötigt, die gesamte Natur als ein unendliches, in ewiger Bildung und Umbildung begriffenes Ganzes zu denken.

V. Haben wir die Natur als ein in ewiger Bildung Begriffenes erkannt, so müssen wir sie zugleich als das Lebendige schlechthin betrachten, dessen Urleben die Quelle ist, aus welcher die Lebenserscheinungen jedes besonderen Lebendigen sich ableiten.

VI. Ist nun die Natur ihrem Wesen nach das ewig Bildende (φύσις von φύω, natura von nascor), und ist sie unendlich, so folgt daraus notwendig, daß auch ihr Leben unendlich, und eine vollkommene Negation des Lebens, d. i. ein absoluter Tod in ihr undenkbar sei.

VIII. Jedes lebendige Wesen, inwiefern es aus sich Mittel seiner verschiedenen auszuübenden Wirkungen, d. i. Werkzeuge, Organe, er-

schafft, heißt Organismus. — Die Natur, inwiefern sie restlos neue Erscheinungen ihres inneren Lebens hervorruft, ist der Organismus schlechthin (Makrokosmus). Jedes einzelne sich aus sich selbst entwickelnde Naturwesen, inwiefern es nur im allgemeinen Organismus der Natur bestehen kann, sein Leben nur Ausfluß höheren Urlebens ist, heißt Teil-Organismus (endlich-individueller Organismus, Mikrokosmus), und seine Entfaltung ist nur unter Einwirkung des allgemeinen Naturlebens möglich.

IX. Jeder individuelle Organismus entwickelt sich nach dem allgemeinen Gesetz (I) aus dem räumlich Unbestimmten, Bestimmbaren, in einer bestimmten Zeit zu einem räumlich Bestimmten. Einen räumlich, seinen Grenzen nach unbestimmt, bestimmbaren Stoff nennen wir flüssig. Das Flüssige ist daher das Element aller organischen Entwicklung oder der natürlichen Bildung überhaupt.

XI. Ist nun aber das Flüssige eigentliches Element organischer Bildung, so folgt daraus, daß es überhaupt das ursprüngliche Lebendige sei, wenn hingegen das Erstarrte als ein Produkt oder Residuum dieses Lebens, in welchem die lebendige Wirkung untergegangen, zu betrachten ist; als ein Produkt, welches wieder in das ursprünglich Flüssige aufgelöst werden muß, wenn es von neuem lebendig erscheinen und einer neuen Gestaltung fähig werden soll.

Auf solche Weise geschieht es, wenn in dem Flüssigen die Neigung zur Kristallisation rege wird; wir müssen dann das Kristallisieren selbst, die aus inneren Prinzipien entstehende Bewegung des Stoffes, allerdings Leben nennen, aber dieses Leben erlischt in dem endlich erstarrten Gebilde des Kristalls, er ist das Residuum, das Caput mortuum des Lebens, und als solches können wir ihn an sich nicht mehr lebendig, wir müssen ihn als erstorben betrachten, und wir werden ihn in längerer oder kürzerer Zeit zerfallen, sich auflösen, ins Flüssige übergehen sehen, und dadurch wird er fähig werden, neuen Bildungen als Element zu dienen. Auf diese Weise erscheinen uns auch die Schichten unseres Erdkörpers als Residuen des ursprünglichen Bildungslebens dieses Planeten; sie sind als solche erstorben, und erst ihre allmähliche Verwitterung und Auflösung macht sie fähig, neuen individuell-organischen Bildungen als Element zu dienen. (Nachdem Carus die Kugel als die ursprüngliche Form alles Organischen, auch des kosmorganischen, bezeichnet hat, fährt er fort:)

XIV. Ist nun ferner jede Bildung ein in bestimmter Zeit erfolgendes Hervorgehen eines Bestimmten aus einem Unbestimmten, eines Mannig-

faltigen aus einem Einfachen, einer Vielheit aus einer Einheit, so ergibt sich daraus auch, daß die Bildung in Gegensätzen (polarisch) erfolgen müsse. Es sei nämlich die Einheit gegeben, und sie soll zur Vielheit werden, so kann dies nur durch Teilung geschehen. Nun ist aber die einfachste Art der Teilung die Teilung in zwei, welche durch abermalige Teilung immer größere Vielheit hervorbringt, und so wird also der Begriff des Gegensatzes, welcher kein anderer ist als der aus einer Einheit in gleichem Maße hervorgegangener Zweiheit, vollkommen ausgesprochen.

XVI. Müssen wir aber in Folge dieses Satzes eingestehen, daß jede weitere Differenzierung als Wiederholung des ursprünglich einfachen Gegensatzes anzusehen sei, so werden wir ferner in diesem Satze zugleich den mathematischen Ausdruck für ein rücksichtlich der ganzen Entwicklungsgeschichte höchst wichtiges Gesetz wahrzunehmen vermögen, welches am schicklichsten etwa folgendermaßen auszusprechen sein möchte: Jegliche höhere Entfaltung und Ausbildung eines Organismus wird nur erreicht durch die mannigfaltigste Wiederholung des ursprünglichen Bildungstypus und zwar in immer anderen und höheren Potenzen — ein Gesetz, welchem wir deshalb eine besondere Wichtigkeit beilegen müssen, weil auf ihm eben der Begriff der organischen Metamorphose und die Notwendigkeit der genetischen Methode für alle Naturwissenschaften begründet ist.

Schelling.

Schelling, von dessen Naturphilosophie Goethe immer mit besonderer Liebe sprach, knüpft an Leibniz an. Demgemäß finden wir bei ihm die Leibnizschen Leitgedanken wieder: Allleben, Stufenfolge der Dinge, zwecktätige Naturkräfte[51]. Die ganze Welt ist für Schelling ein Organismus. Die Materie ist das allgemeine Samenkorn des Universums, worin alles verhüllt ist, was in den späteren Entwicklungen sich entfaltet. Nachdem die spezifische Verschiedenheit der Materie selbst quantitativ begriffen und die Möglichkeit gegeben ist, sie als Metamorphose einer und derselben Substanz durch bloße Formänderung darzustellen, ist auch der Weg zu einer historischen Konstruktion der

[51]) Schellings Werke in Auswahl, hgg. von Weiss. Über Schelling: K. Fischer, Geschichte der neueren Philosophie, 7. Bd., 2. A. 1899. E. Schertel, Schelling und der Entwicklungsgedanke. Zoologische Annalen, Bd. IV. — C. Ihmels, Die Entstehung der organischen Natur nach Schelling, Darwin und Wundt, 1916.

Körperreihe geöffnet. Die Geologie muß die Genesis aller ihrer Hervorbringungen in historischer Stetigkeit zeigen[52]).

Daß Organisation und Leben aus Naturprinzipien unerklärbar seien, ist nach Schelling ein alter Wahn. Soll damit gesagt werden, der erste Ursprung der organischen Natur sei physikalisch unerforschlich, so dient diese unerwiesene Behauptung zu nichts, als den Mut des Untersuchers niederzuschlagen. Ein Schritt zu jener Erklärung wäre getan, wenn man zeigen könnte, daß die Stufenfolge aller organischen Wesen durch allmähliche Entwicklung einer und derselben Organisation sich gebildet habe. Daß unsere Erfahrung keine Umgestaltung der Natur, keinen Übergang einer Form oder Art in die andere gelehrt hat, ist gegen jene Möglichkeit kein Beweis; denn, könnte ein Verteidiger derselben antworten, die Veränderungen, denen die organische Natur so gut als die anorganische unterworfen ist, können (bis ein allgemeiner Stillstand der organischen Welt zustande kommt) in immer längeren Zeitperioden geschehen, für welche unsere kleinen Perioden kein Maß abgeben, und die so groß sind, daß bis jetzt noch keine Erfahrung den Ablauf einer derselben erlebt hat[53]).

Angesichts dieser Sätze sagt Kuno Fischer durchaus mit Recht, Schelling habe mit voller Klarheit und aus philosophischen Grundsätzen das Prinzip der organischen Entwicklung ausgesprochen[54]). Aber diese Entwicklung ist die analytische „Entwicklung" Goethes. Alle Organisation geschieht in einer fortschreitenden Differenzierung, die aus einem Urwesen hervorgeht, das sich in verschiedene Produkte teilt, die selbst wieder in ähnlicher Weise sich differenzieren. Nicht durch Komposition, Zusammensetzung des Vielen, erfolgt die Entstehung der Dinge, auch nicht durch Hervorgehen des einen aus dem andern, sondern durch Evolution, Hervorgehen aus dem Einen. Und ein Jahr später, in dem „Ersten Entwurf eines Systems der Naturphilosophie", heißt es deutlich genug: „Die Behauptung, daß wirklich die verschiedenen Organisationen durch allmähliche Entwicklung auseinander sich gebildet haben, ist Mißverständnis einer Idee. Jedes Produkt, das uns fixiert erscheint, hat die Natur von vorne, d. h. mit einer ganz neuen Anlage angefangen." Und in dem System des Jahres 1801 wird ausgeführt: Die Erde ist auf den Organismus hin angelegt,

[52]) Vorlesungen über die Methode des akademischen Studiums, 1803. 12. Vorlesung. — [53]) Von der Weltseele. Vorrede zur 1. A. 1798. — [54]) K. Fischer, S. 325.

die Organismen waren von Anfang an potentialiter in ihr enthalten. Sie selbst ist Tier und Pflanze geworden. Was uns als tote Materie erscheint, ist nur dasjenige, was nicht Tier und Pflanze hat werden können, das Residuum der organischen Metamorphose. Einen unzweifelhaften Beweis dafür, daß der organische Trieb in den Erdmassen ursprünglich lebe, findet Schelling, eine zu seiner Zeit schon völlig veraltete Ansicht wieder aufnehmend, in den Versteinerungen; sie seien mißlungene Organisationen, die von der Schwere zurückgehalten in die Starrheit zurückgesunken seien. Damit ist eigentlich schon die spätere Periode Schellings eingeleitet, in der er ganz phantastisch und mystisch wird, ganz in der Art der ärgsten Naturphilosophie jener Zeit.

Oken.

Unter den Naturphilosophen zu Beginn des neunzehnten Jahrhunderts nimmt Lorenz Oken (1779—1851) die hervorragendste Stellung ein, auch in Hinsicht auf den Entwicklungsgedanken[55]). Sein geistiger Stammbaum geht auf Schelling zurück. In seinem „Lehrbuch der Naturphilosophie" (1. Aufl. 1809—1811) definiert es diese als die Wissenschaft, welche die einzelnen Entwicklungsphasen der Welt vom Nichts angefangen, zur Darstellung zu bringen habe. Sie habe zu zeigen, in welcher Weise die Elemente und Weltkörper entstanden seien, wie sie sich zu höheren und mannigfaltigen Gestalten ausgebildet, sich in Mineralien geschieden, endlich organisch geworden und im Menschen zum Selbstbewußtsein gekommen seien. „Die Naturphilosophie ist mithin Zeugungsgeschichte der Welt oder Schöpfungsgeschichte überhaupt, unter welchem Namen sie bei den ältesten Philosophen gelehrt wurde, nämlich als Kosmogenie. Da sie das All umfaßt, so ist sie Genesis schlechthin, wie sie Moses nennt." Die Genesis zerfällt in die Lehre vom immateriellen Ganzen, Pneumatogenie, und die vom materiellen Ganzen, Hylogenie. Die erste Erscheinung der Materie sind die Weltkörper: Kosmogenie; diese Weltkörper entwickeln sich weiter und zerfallen in die Elemente: Stöchiogenie. Von diesen Elementen entwickelt sich das Erdelement noch weiter und zerfällt in Mineralien: Mineralogie. Die Mineralien vereinigen sich in einem Gesamtleib: Geogenie. Die Biologie teilt sich in Organogenie, Phytosophie und Zoosophie.

[55]) Über Oken: C. Güttler, Lorenz Oken und sein Verhältnis zur modernen Entwicklungslehre. Langensalza o. J.

Das Programm, das Oken hier entwirft, ist gut und schön, aber es verspricht mehr, als es hält. Indem er sich anschickt, das Programm auszuführen, verfällt er in die wildesten Spekulationen. Oken redet zuweilen wie im Delirium; aber zwischen all den für uns sinnlosen Sätzen blitzen doch immer wieder tiefe geniale Gedanken auf. Nur schade, daß man sie mühsam heraussuchen muß.

Die unmittelbare Position Gottes ist für Oken die Urmaterie oder der Äther. Der Äther erfüllt das ganze Universum, er ist die Weltsphäre selbst, und die Welt eine beständig rotierende Ätherkugel. Die Sonderung des Äthers in polare Massen bewirkt eine Verdichtung; es entsteht im Gegensatz zur kosmischen die irdische Materie, und daraus resultieren, entsprechend den Stadien der Ätherverdichtung, die Elemente. Aus dem Wärmeäther, der bloß seiner Wirkungsweise nach vom Lichtäther und Schwereäther unterschieden ist, entwickelt sich der Wasserstoff, aus den beiden anderen der Sauerstoff und Kohlenstoff. Alle übrigen Elemente sind nur verschiedene Grade oder Verbindungen dieser Urstoffe, des Wassers, der Luft und der Erde. Der Äther selbst ist das Feuerelement. Allen Verbindungen der Elemente untereinander liegt das Erdelement zugrunde, daher sind drei Verbindungsstufen möglich — Erde mit Wasser oder mit Luft oder mit Feuer ergibt eine binäre Verbindung, es entstehen daraus ruhende Körper, Mineralien, Irden. Die ternäre Verbindung Erde mit Wasser und Luft stellt gewissermaßen einen selbständigen Planeten dar und bildet als innerlich bewegter Körper die Pflanze. Aus der quaternären Verbindung Erde, Wasser, Luft und Feuer gehen bewegte, selbst rotierende Wesen hervor, welche das Universum repräsentieren und Tiere heißen.

Alles Organische ist aus Schleim hervorgegangen, ist nichts als verschieden gestalteter Schleim. Schleim ist oxydierter gewässerter Kohlenstoff; oder „philosophisch ausgedrückt": Schleim ist Allheit der Mineralien und Elemente, Synthesis von Salz, Erde, Brenz und Erz in Wasser und Luft. Der Urschleim wurde und wird noch an denjenigen Stellen des Meeres erzeugt, wo das Wasser mit Erde und Luft in Berührung ist, also am Strande. Infolge der Bewegung des Wassers zerreißt diese Berührungslinie, und der Urschleim zerfällt in schleimige Punkte. Durch Oxydation des Schleimpunktes an der Luft entsteht eine feste Hülle, der Schleimpunkt wird ein Schleimbläschen, ein Infusorium. Die Organismen sind eine Synthesis von Infusorien. Die Erzeugung ist nichts anderes als eine Zusammenhäufung unendlich vieler Schleim-

punkte, Infusorien. Jede Zeugung fängt mithin von vorn an. Ein fertiger Organismus kann sich nicht, auch nicht allmählich, in einen andern umgestalten.

Die ersten organischen Formen gingen aus den seichten Stellen des Meeres hervor. Da die Pflanzen, da die Tiere. Auch der Mensch ist ein Kind der warmen und seichten Meeresstellen in der Nähe des Landes. Es ist möglich, daß der Mensch nur an einer Stelle entstanden ist. Es ist sogar möglich, daß es nur einen günstigen Moment gab, in dem Menschen entstehen konnten. Bestimmte Mischung des Wassers, bestimmte Blutwärme, bestimmter Lichteinfluß mußten zu seiner Erzeugung zusammentreffen, und dies ist vielleicht nur an einer gewissen Stelle und zu einer gewissen Zeit der Fall gewesen.

Hegel.

Schon für Schelling war das wahrhaft Wirkliche der Geist in seinen Produktionen und Reproduktionen, in seiner bewußtlosen und bewußten Entwicklung als Natur und als Mensch. In noch mehr betonter Weise ist dies der Fall bei Hegel[56]). Für diesen ist die Welt eine Entwicklung des Geistes. Aber diese Entwicklung ist eine rein logische, eine Entwicklung des Begriffs, die zunächst mit zeitlichen Veränderungen gar nichts zu tun hat. Von einer zeitlichen Entwicklung ist bei Hegel nur in der Menschheitsgeschichte die Rede. Hier erkennt Hegel einen Fortschritt zum Besseren, Vollkommneren, Neuen, beruhend auf einer wirklichen Veränderungsfähigkeit des Menschen, einem Trieb zur Perfektibilität. Damit ist aber die Entwicklung noch nicht bestimmt. Perfektibilität ist beinahe ebenso bestimmungslos wie bloße Veränderlichkeit; sie ist ohne Zweck und Ziel, wie ohne Maß für die Veränderung: das Bessere, das Vollkommnere, worauf sie gehen soll, ist ein ganz Unbestimmtes. Das Prinzip der Entwicklung enthält deshalb für Hegel das Weitere, daß eine innere Bestimmung, eine an sich vorhandene Voraussetzung zugrunde liege, die sich zur Existenz bringe. Diese formelle Bestimmung ist wesentlich der Geist, der sich in der Weltgeschichte selbst zur Verwirklichung bringt, als Bewußtsein, Selbstbewußtsein, Vernunft, sittlicher Geist, Religion, absolutes

[56]) Über Hegel: K. Fischer, Geschichte der neueren Philosophie, Bd. 8, 2. Aufl., 1910. G. Lasson in der Einleitung zu Hegels Encyclopädie der philosophischen Wissenschaften, 2. A. 1905.

Wissen[57]. Die Entwicklungsstufen sind verkörpert in den welthistorischen Völkern. Jedes dieser Völker repräsentiert eine Stufe des Weltgeistes. Die orientalische Geschichte ist das Kindesalter der Menschheit, die griechische das Jünglingsalter, die römische das Mannesalter, die germanische das Greisenalter, nicht im Sinne der Schwäche, sondern weil sie die Welt der Versöhnung ist.

Die Veränderungen in der Natur, so unendlich mannigfaltig sie sind, zeigen für Hegel nur einen Kreislauf, der sich immerfort wiederholt; in der Natur geschehe nichts Neues unter der Sonne, das vielförmige Spiel ihrer Gestaltungen sei langweilig. Wohl ist die Natur als ein System von Stufen zu betrachten, deren eine aus der andern notwendig hervorgeht und die nächste Wahrheit derjenigen ist, aus welcher sie resultiert. Dies ist aber nicht so zu verstehen, daß die eine aus der andern natürlich erzeugt würde, sondern nur in der inneren, den Grund der Natur ausmachenden Idee[58]. „Es ist eine gleichgültige Neugierde, das auch in Form der Sukzession sehen zu wollen, was ein Nebeneinander ist“[59]. Die Metamorphose kommt nur dem Begriff als solchem zu, da dessen Veränderung allein Entwicklung ist. Der Begriff aber ist in der Natur teils nur Inneres, teils existierend nur als lebendiges Individuum. In der Entwicklung des Individuums produziert dieses sich selbst; es macht sich zu dem, was es an sich ist, genau so, wie auch in der Entwicklung des Geistes dieser nur zu dem wird, was er an sich ist[57].

Die deszendenztheoretischen Gedanken älterer und neuerer Naturphilosophen lehnt Hegel ab. Es sei eine ungeschickte Vorstellung gewesen, die Fortbildung und den Übergang einer Naturform und Sphäre in eine höhere für eine äußerlich wirkende Produktion anzuführen, die man, um sie deutlicher zu machen, in das Dunkel der Vergangenheit verlegt habe. Solcher nebuloser Vorstellungen, wie insbesondere das sogenannte Hervorgehen z. B. der Pflanzen und Tiere aus dem Wasser, sowie der entwickelteren Tierorganisationen aus den niedrigeren usw., müsse sich die denkende Betrachtung entschlagen[58]. Kurz und bündig erklärt Hegel: „Die organische Natur hat keine Geschichte.“[60])

---

[57]) Hegel, Philosophie der Geschichte, Einleitung. — [58]) Encyclopädie der philosophischen Wissenschaften. 2. Teil. Naturphilosophie. Einleitung. — [59]) Ebenda, 2. Teil, 3. Abschnitt: Geognosie. — [60]) Phaenomenologie des Geistes V, a.

Schopenhauer.

Bei Hegel ist es der Geist, der sich in der Welt objektiviert, bei Schopenhauer der Wille. Die Sichtbarkeit des Willens ist die Materie, die nie entstanden sein, noch jemals vergehen kann, woraus hingegen alles, was existiert, besteht und geworden ist. Die Materie ist ebenso bereit, der Träger dieser wie jener Naturkraft zu sein, sobald nur, am Leitfaden der Kausalität, die Bedingungen dazu eingetreten sind. Hierauf beruht es, erklärt Schopenhauer, daß wir den Gedanken nicht aufgeben können, daß aus jedem jedes werden kann, z. B. aus Blei Gold, indem hierzu bloß erforderlich wäre, daß man die Zwischenzustände herausfände und herbeiführte, welche die an sich indifferente Materie auf jenem Wege zu durchwandern hätte[61]. In dem leuchtenden Urnebel waren die chemischen Urstoffe noch nicht actu, sondern bloß potentia vorhanden. Aber das erste und ursprüngliche Auseinandertreten der Materie in Hydrogen und Oxygen, in Schwefel und Kohle, Azot, Chlor usw., wie auch in die verschiedenen Metalle, war das erste Anschlagen des Grundakkordes der Welt. Reiht man in Gedanken die Kant-Laplacesche Kosmogenie, die Geologie, endlich auch noch die vegetabilische und animalische Urerzeugung mit dem Kommentar ihrer Folgen, nämlich Botanik, Zoologie und Physiologie aneinander, so hat man eine vollständige Geschichte der Natur vor sich[62].

In der allerersten Periode des Erdballs beschränkte sich die Objektivation des Willens zum Leben auf die Kräfte der unorganischen Natur, woselbst sie sich im allergrößten Stil und mit blindem Ungestüm manifestierte, indem die schon chemisch differenzierten Urstoffe in einen Konflikt gerieten, dessen Schauplatz nicht bloß die Oberfläche, sondern die ganze Masse des Planeten war, und dessen Erscheinungen so kolossal gewesen sein müssen, daß keine Einbildungskraft sie zu erreichen vermag. Nachdem endlich dieser Titanenkampf ausgetobt und der Granit als Grabstein die Kämpfer bedeckt hatte, manifestierte sich, nach angemessener Pause und dem Zwischenspiel neptunischer Niederschläge, der Wille zum Leben auf der nächsthöheren Stufe, im stummen und stillen Leben der Pflanzenwelt, aber ebenfalls im kolossalen Maßstab, in himmelhohen und endlosen Wäldern. Diese Pflanzenwelt dekarbonisierte allmählich die Luft, wodurch diese erst für das

---

[61]) Schopenhauer, Die Welt als Wille und Vorstellung II, Kap. 24: Die Materie. — [62]) Parerga (1851) II, Kap. VI: Zur Philosophie u. Wissenschaft der Natur. Hier auch das Folgende.

tierische Leben tauglich wurde. Eine Naturrevolution begrub die Wälder, und da nun die Luft rein geworden war, trat die dritte große Objektivationsstufe des Willens zum Leben ein, in der Tierwelt: Fische und Cetaceen im Meer, auf dem Lande kolossale Reptilien. Wieder fiel der Weltvorhang, und sodann folgte die höhere Objektivation des Willens im Leben warmblütiger Landtiere, jedoch nur solcher, deren Geschlechter nicht mehr existieren und die meistens Pachydermata waren. Nach abermaliger Zerstörung der Erdoberfläche mit allem Lebenden darauf entzündete endlich das Leben sich abermals von neuem in einer Tierwelt, deren Spezies nicht mehr, wohl aber noch die Genera vorhanden sind. Diese durch Vielheit und Verschiedenheit der Gestalten vollkommener gewordene Objektivation des Willens zum Leben steigerte sich bis zum Affen. Allein auch diese, unsere letzte Vorwelt mußte untergehen, um, auf erneuertem Boden, der gegenwärtigen Bevölkerung Platz zu machen, in der die Objektivation die Stufe der Menschheit erreicht hat. Dies ist die letzte Stufe, die der Wille zum Leben erreichen kann, weil auf ihr bereits die Möglichkeit der Verneinung des Willens, also der Umkehr von dem ganzen Treiben eingetreten ist, wodurch alsdann diese divina commedia ihr Ende erreicht.

Für die untersten Stufen des Tier- und Pflanzenreichs nimmt Schopenhauer eine Urzeugung, (generatio aequivoca) an[63]). Die Entstehung der oberen Stufen könne nur gedacht werden als generatio in utero heterogeneo, nämlich so, daß aus dem Uterus, oder vielmehr dem Ei eines besonders begünstigten tierischen Paares, nachdem die Lebenskraft seiner Spezies gerade in ihm sich angehäuft und abnorm erhöht hatte, nunmehr einmal, zur glücklichen Stunde, beim rechten Stande der Planeten und dem Zusammentreffen aller günstigen atmosphärischen, tellurischen und astralischen Einflüsse, ausnahmsweise nicht mehr seinesgleichen, sondern die ihm zunächst verwandte, jedoch eine Stufe höher stehende Gestalt hervorgegangen wäre, so daß dieses Paar dieses Mal nicht ein bloßes Individuum, sondern eine Spezies erzeugt hätte. Diese Steigerung erfolgt jedoch nicht in einer einzigen Linie, sondern in mehreren nebeneinander aufsteigenden. So z. B. ist einmal aus dem Ei eines Fisches ein Ophidier, ein andermal aus dieses seinem ein Saurier, zugleich aber aus dem eines andern Fisches ein Batrachier,

[63]) In „Welt als Wille und Vorstellung“ II, Kap. 24, behauptet Schopenhauer eine Urzeugung auch für die höheren Organismen. Es ist dieselbe Vorstellung von der „Mutter Erde“, die der Goethe-Kreis hegte.

dann aber aus dieses seinem ein Chelonier hervorgegangen, aus dem eines dritten ein Cetacee, etwa ein Delphin, später wieder hat ein Cetacee eine Phoca geboren und endlich eine Phoca das Walroß; und vielleicht ist aus dem Ei der Ente das Schnabeltier und aus dem eines Straußen irgend ein größeres Säugetier entstanden. Die ersten Menschen sind in Asien vom Pongo (dessen Junges Orang-Utan heißt), und in Afrika vom Schimpanse geboren, nicht als Affen, sondern sogleich als Menschen.

Vom Standpunkt der heutigen Genetik hört sich diese von Schopenhauer entwickelte wie das Gerede eines Tollhäuslers an. Aber sie war auch schon zur Zeit ihrer Entstehung, 1851, unverzeihlich rückständig. Und sein „Wille zum Leben" ist nichts anderes als der schaffende Gott des Christentums, den er aus dem Naturgeschehen entfernt hatte, um ihn unter anderem Namen wieder einzuführen. Schopenhauer hatte bloß die theologische mit der metaphysischen Terminologie vertauscht.

Lotze.

Hermann Lotze gehört eigentlich in das Kapitel über die Schöpfungslehre. Er mag jedoch hier stehen als ein Vertreter derjeniger Philosophen, die den Konsequenzen der Entwicklungslehre geschickt auszuweichen verstehen.

In seinem Artikel über Leben und Lebenskraft in Wagners „Handwörterbuch der Physiologie" (1842) erklärt Lotze, jede Naturwissenschaft müsse sich mit den Anwendungen allgemeiner Gesetze auf ein Gegebenes beschäftigen, nicht aber mit Ansichten über die allererste Entstehung ihres Gegenstandes. Dennoch verlangen wir, über diese Entstehung uns Vorstellungen machen zu dürfen, und hier teilen sich die Ansichten der Naturforscher in zwei Reihen, deren eine auf der Vorstellung des Chaos, die andere auf der einer Schöpfung beruht. Beide Gedankenkreise seien nicht mehr naturwissenschaftlich. Ihre Berechtigung sei sehr verschieden. Die größere Berechtigung der Schöpfungslehre leitet Lotze merkwürdigerweise davon ab, daß das Christentum schon seit Jahrhunderten den Ideengang der Forschung beherrscht habe. Indessen gelte diese Ansicht — leider, liest man zwischen den Zeilen — nicht allgemein als Grundlage der Naturwissenschaft. Vielmehr pflege die Neugierde, die wissen möchte, wie das Nervensystem oder die Keime des Organischen entstanden sind, immer vorauszusetzen, daß es durch irgend einen mechanischen Zufall entstanden sei (was übrigens nicht wahr ist). Dem gegenüber müsse jede Naturwissenschaft

die nicht völlig verkehrt zu der übrigen Bildung des Geistes sich stellen will, notwendig den Begriff der Schöpfung voraussetzen. „Die Welt ist weder durch Zufall geworden, noch hat ein Chaos vermocht, vor der Ordnung zu existieren, sondern eine nach göttlichen Ideen geordnete Welt ist am Anfang geschaffen worden, und uns bleibt nur übrig, den ununterbrochenen gesetzmäßigen Zusammenhang dieses bestehenden Vernünftigen zu erkennen und zu bewundern".

Zweiundzwanzig Jahre später, als durch Darwin die Entwicklungslehre mit durchschlagendem Erfolg neu begründet war, sah sich Lotze in seinem Mikrokosmos (1864, Bd. III) genötigt, auf das Thema „Schöpfung oder Entwicklung" zurückzukommen. Jetzt fühlt er sich, von der Erfahrung ausgehend, durch den Zusammenhang der Wissenschaft gezwungen, die Stetigkeit der Entwicklung bis zu den äußersten Anfängen der Welt zurückzuverfolgen. Er ist aber nicht besorgt, zu einer Auffassung gedrängt zu werden, welche die Abhängigkeit der Welt von Gott ausschlösse. Man brauche nur anzunehmen, daß weder eine fühlbare Hand Gottes, noch sein fühlbarer Hauch oder sein hörbares Wort die Welt bilde, sondern sein schweigender unsichtbarer Wille: welcher Anblick würde der Vorgang der Schöpfung einem Geiste dargeboten haben, der so glücklich gewesen wäre, ihn zu beobachten? Den Anblick von Dingen, antwortet Lotze, die, weil kein hörbarer Befehl sie aus einem schon vorhandenen Vorrat hervorrief, von selbst aus dem Nichts zu entstehen oder aus unsichtbarer Verdünnung sich zur Sichtbarkeit zu verdichten schienen.

Ein Jahr darauf erhob Liebmann den dringenden Ruf: „Zurück zu Kant!"

Fechner.

Ebenfalls im Jahre 1851 erschien Gustav Theodor Fechners „Zendavesta, oder über die Dinge des Himmels und des Jenseits" in dem er seine Ideen über die erste Entstehung und die sukzessiven Schöpfungen des organischen Reiches der Erde entwickelte[64]. Sie erinnern an die Ideen Schellings. Aus dem jetzigen Zustande eines unorganischen Gemenges von Flüssigkeiten, Gasen usw. auf der Erde — so folgert Fechner — gehen keine Organismen hervor, also dürfen wir uns die Erde von einst nicht ganz in Analogie mit der von jetzt denken. Ist die Erde die Mutter der Organismen, dann darf sie nicht als tot vorge-

[64]) Vgl. K. Lasswitz, Gustav Theodor Fechner. 1910.

stellt werden, muß vielmehr schon in ihrer ersten Anlage die Bedingungen zur Entstehung eigentümlicher organischer Anordnungen enthalten haben. In dem Maße, als sich die einzelnen anorganischen Gebiete der Erde aus der Totalmasse ausschieden, trat auch die Vorbereitung zur Ausscheidung und dann die wirkliche Ausscheidung von Organismen oder ihren Keimen ein. Die Deszendenz der Organismen, die inzwischen schon mehrfach behauptet worden war, bestreitet Fechner. Die sukzessive Vervollkommnung sei zunächst zwar leichter denkbar als die wiederholte Totalgestaltung, und gewisse Umbildungen seien tatsächlich zu beobachten. Der Allgemeingültigkeit einer Deszendenzlehre stehe jedoch die Tatsache gegenüber, daß die Abänderungen nur innerhalb gewisser Grenzen erfolgen, und daß die Entstehung neuer Wesen nicht sowohl mit langsamen, als vielmehr mit raschen Umwälzungen in Beziehung gestanden zu haben scheine.

Viel plausibler und minder schwierig erscheine die Annahme einer Fortentwicklung und schöpferischen Tätigkeit der Erde selbst. Fechner meint, daß sich unter der Erdrinde von Uranfang ein Mutterstock eigentümlicher Anordnungen und Bewegungen erhalten habe, der eben durch die Erstarrung der Rinde von der Art der Entwicklung abgesperrt worden sei, welche außerhalb der Rinde in Berührung mit Wasser, Luft und Licht eintreten konnte, der aber die Fähigkeit, zu solcher Entwicklung zu gedeihen, behalten habe. In die Fähigkeit zu wirklichen organischen Entwicklungen konnte jener Mutterstock durch von Zeit zu Zeit erfolgende Durchbrüche der Rinde versetzt werden, und wenn man endlich noch eine Fortentwicklung des Mutterstocks selbst annehme, so sei es begreiflich, daß neue Durchbrüche jedesmal zu fortgeschritteneren Organisationen führten.

Zweiundzwanzig Jahre später, im Jahre 1873, setzt sich Fechner in seinen „Ideen zur Schöpfungs- und Entwicklungsgeschichte der Organismen" mit der Darwin-Haeckelschen Genetik auseinander und versucht eine Vertiefung der allgemeinen Prinzipien derselben, eine Modifikation ihrer Ansicht von der organischen Grundkonstitution, und einen Umsturz der Ansicht von der allerersten Entstehung der Organismen. Die Vertiefung findet er in seinem Prinzip der Tendenz zur Stabilität, welches besagt, daß jedes System, welches unter gleichen äußeren Umständen sich selbst überlassen bleibt, sich dem Zustande der Stabilität nähert. Die Modifikation besteht darin, daß Fechner die organischen Grundeigenschaften nicht von einer eigen-

6*

tümlichen chemischen Konstitution, sondern von einem molekularen Bewegungszustande abhängig macht. Der Umsturz endlich darin, daß er die Ansicht von der primären Entstehung der Organismen aus dem unorganischen Reich heraus geradezu umkehrt. Darnach war die Erde ursprünglich ein organisches, oder, neutraler ausgedrückt, kosmorganisches Wesen, denn ihre Teilchen änderten nicht nur den Ort, sondern auch ihre Ordnung spontan und kontinuierlich. In dieser Art der Bewegung sieht Fechner das unterscheidende Merkmal der organischen Moleküle gegenüber den anorganischen, deren Teilchen wohl Schwingungen um ihre Gleichgewichtslage besitzen, ihren mittleren Ort gegeneinander aber nicht vertauschen. Infolge ihrer Bewegung sind die organischen Moleküle instabil, die anorganischen stabil. Nach dem Prinzip der Tendenz zur Stabilität müssen also diese aus jenen entstanden sein, das heißt, das Anorganische ist aus dem ursprünglich Kosmorganischen entstanden und was übrig blieb, war das Organische. Das (undifferenzierte) Protoplasma betrachtet Fechner als einen von aller Differenzierung und früheren Fortentwicklung rückständigen Rest. Der Ausgang der Entwicklung fand statt von einem einzigen großen Geschöpf von verwickeltster Struktur, aus dem sich durch Spaltung und Differenzierung eine große Mannigfaltigkeit von Geschöpfen von verschiedener Struktur herausbildete. So ist nach Fechners Auffassung z. B. ein brasilianischer Urwald mit seinen verschiedenartigen Spezies von Bäumen, Schlinggewächsen, Orchideen, Affen, Papageien, Schlangen, Schmetterlingen usw. bloß ein auseinandergelegtes und zur Entfaltung gediehenes Stück des kosmorganischen Systems, worin alle Verschiedenheiten jener Geschöpfe und noch mehr, als sich haben erhalten können, schon veranlagt waren, wenn sie auch zum Teil erst durch spätere Differenzierung sich deutlich entwickelt haben.

Gegenüber der monadologischen Ansicht von Leibniz, nach welcher die einzelnen Atome Bewußtsein besitzen oder eigentlich überhaupt nur physische Realitäten sind, bezeichnet Fechner seine Auffassung als „synechologisch“. Hier sind die Atome die letzten Elemente eines Systems, das in der äußeren Erscheinung als Körper, in der inneren als Seele auftritt. Die Entwicklung des kosmorganischen Systems ist deshalb zugleich körperlich und geistig.

Fechners Ansichten von der „Mutter Erde“, seinem „kosmorganischen System“, erinnern an die Zeit Herders; der Physiologe Wilhelm Preyer hat später eine Urzeugungslehre ähnlicher Art entwickelt.

Spencer.

Angeregt durch Gedanken, die von Schelling und Lamarck herkamen, war Herbert Spencer schon in seinen ersten, soziologischen Arbeiten zu der Erkenntnis gekommen, daß die Umwandlungen, welche die Menschheit durchlaufen hat und noch durchläuft, das Resultat eines Gesetzes seien, das in der ganzen organischen Schöpfung wirksam sei, des Entwicklungsgesetzes[65]). Von dem großen Embryologen Carl Ernst von Baer nahm Spencer den Gedanken auf, daß die Reihe der Veränderungen, die jeder Organismus in seiner individuellen Entwicklung durchläuft, ein Übergang aus einem homogenen in einen heterogenen Zustand sei, mit einem Wort: Differenzierung. Spencer erkannte die Differenzierung als eine wesentliche Seite des Entwicklungsprozesses überhaupt. Nachdem er in einem Aufsatz über die Entwicklungshypothese (1852) die Schöpfungs- und Entwicklungslehre gegenüber gestellt und sich für diese entschieden hatte, erprobte er in den folgenden Jahren die Entwicklungshypothese auf den verschiedensten Gebieten, vor allem in der Psychologie, die er zuerst systematisch vom genetischen Standpunkte aus darstellte (1855). Endlich, in einem Aufsatz über den Fortschritt, sein Gesetz und seine Ursache (1857) legte er die universale Geltung des Entwicklungsgesetzes dar. In der Geschichte unseres Weltsystems, unserer Erde, des organischen Lebens, des Menschen, der Kultur und überall findet sich dieselbe Entwicklung aus einem Einfachen in ein Zusammengesetztes durch aufeinanderfolgende Differenzierungen. In seinen Ersten Prinzipien, den Prinzipien der Biologie, Psychologie, Soziologie und Ethik, in ihrer Gesamtheit ein großartig einheitliches System, führte er sodann die Entwicklungslehre ganz im einzelnen durch. Die Quintessenz seiner Entwicklungs-Philosophie hat Spencer selbst in sechzehn Sätzen niedergelegt. Sie lauten:

1. Überall im Universum, im allgemeinen wie im einzelnen, geht eine unaufhörliche Neuverteilung von Materie und Bewegung vor sich.

---

[65]) Vgl. O. Gaupp, Herbert Spencer. 1897. Hier auch die erste deutsche Wiedergabe der 16 Sätze, die im Folgenden mitgeteilt werden; Spencer hatte sie ursprünglich für Appletons amerikanische Encyclopädie niedergeschrieben. Gaupp stellt Spencer dar „als den großen Philosophen des Entwicklungsprinzips, eines Prinzips, das die Weltanschauung unserer Zeit tiefer beeinflußt hat, als irgend etwas anderes, und eines Prinzips, von dessen umgestaltender und umwertender Bedeutung wir sozusagen erst einen Hauch verspürt haben". — G. S. Painter, Herbert Spencers Evolutionstheorie. Diss. Jena 1896. B. F. Underwood, Herbert Spencers Synthetic Philosophy. New York 1891.

2. Diese Neuverteilung ist Entwicklung, wenn Integration von Materie und Zerstreuung von Bewegung überwiegen, sie ist Auflösung, wenn Aufnahme (Absorption) von Bewegung und Disintegration von Materie überwiegen.

3. Die Entwicklung ist einfach, wenn der Prozeß der Integration oder der Bildung eines zusammenhängenden Aggregates vor sich geht, ohne durch andere Prozesse kompliziert zu sein.

4. Die Entwicklung ist zusammengesetzt, wenn diesen primären Übergang aus einem unzusammenhängenden zu einem zusammenhängenden Zustand sekundäre Veränderungen begleiten, die sich daraus ergeben, daß die verschiedenen Teile des Aggregates verschiedenen äußeren Einwirkungen ausgesetzt sind.

5. Diese sekundären Veränderungen stellen sich dar als die Umwandlung eines Gleichartigen (Homogenen) in ein Ungleichartiges (Heterogenes), eine Umwandlung, die, wie die erste, das Universum als ein Ganzes und alle (oder beinahe alle) seine Bestandteile aufweisen: das Aggregat der Sterne und Sternennebel, das Planetensystem, die Erde als eine unorganische Masse, jeder Organismus, er sei Pflanze oder Tier, das Aggregat der Organismen während der ganzen geologischen Zeit, der menschliche Geist, die Gesellschaft, alle Produkte sozialer Tätigkeit.

6. Der Prozeß der Integration, der sowohl lokal als allgemein wirkt, kombiniert sich mit dem Prozeß der Differenzierung und macht dadurch diese Veränderung zu einem Übergang nicht einfach von Gleichartigkeit zu Ungleichartigkeit, sondern von unbestimmter Gleichartigkeit zu bestimmter Ungleichartigkeit. Dieses Merkmal zunehmender Bestimmtheit, das das Merkmal zunehmender Ungleichartigkeit begleitet, zeigt sich gleichfalls in der Gesamtheit der Dinge und in allen ihren Abteilungen und Unterabteilungen bis herab zu den kleinsten.

7. Begleitet wird die Neuverteilung der Materie, in der die Entwicklung eines jeden Aggregats besteht, von einer Neuverteilung der inneren gegenseitigen Bewegung seiner Bestandteile; diese wird gleichfalls schrittweise bestimmter ungleichartig.

8. In der Abwesenheit einer Gleichartigkeit, die unbegrenzt und absolut ist, ist diese Neuverteilung, deren Eine Phase die Entwicklung ist, unvermeidlich. Die Ursachen, die sie notwendig machen, sind:

9. Die Unbeständigkeit des Gleichartigen, die darin begründet ist, daß die verschiedenen Teile jedes begrenzten Aggregates den einfallen-

den Kräften auf ungleiche Weise ausgesetzt sind. Die Umwandlungen, die daraus folgen, werden kompliziert durch die

10. Vervielfältigung der Wirkungen: Jede Masse und jeder Massenteil, die eine Kraft trifft, zerteilen und differenzieren diese Kraft, die infolgedessen eine Mannigfaltigkeit von Veränderungen bewirkt, von denen dann jede die Quelle ähnlich sich vervielfältigender Wirkungen wird. Ihre Vervielfältigung wird um so größer, je ungleichartiger das Aggregat wird. Und diese zwei Ursachen wachsender Differenzierungen werden unterstützt durch die

11. Scheidung, einen Prozeß, der darauf hinarbeitet, unähnliche Einheiten zu trennen und gleiche Einheiten zusammenzubringen, was beständig dazu dient, Differenzierungen, die auf andere Weise entstanden sind, zu verschärfen oder bestimmt zu machen.

12. Entstehung eines Gleichgewichts ist das endgültige Ergebnis der Umwandlungen, die ein sich entwickelndes Aggregat durchläuft. Die Veränderungen dauern fort, bis ein Gleichgewicht hergestellt ist zwischen den Kräften, denen alle Teile des Aggregats ausgesetzt sind, und den Kräften, die diese Teile ihnen entgegensetzen. Die Gleichgewichtherstellung kann auf dem Weg zum endgültigen Gleichgewicht hindurch müssen durch ein Übergangsstadium ausgeglichener Bewegungen (wie im Planetensystem) oder ausgeglichener Funktionen (wie im lebendigen Körper); aber der Zustand der Ruhe in unorganischen Körpern oder des Todes in organischen ist die notwendige Grenze der Veränderungen, aus denen Entwicklung besteht.

13. Auflösung ist die entgegengesetzte Veränderung, der früher oder später jedes entwickelte Aggregat verfällt. Indem es umgebenden Kräften, die nicht ausgeglichen sind, ausgesetzt bleibt, neigt es beständig dazu, sich durch allmähliche oder plötzliche Vermehrung der in ihm enthaltenen Bewegung aufzulösen. Diese Auflösung, die bei früher belebten Körpern schnell und bei unbelebten Massen langsam vor sich geht, steht in unbestimmt entfernter Zeit auch jeder Sternen- und Planetenmasse bevor, die sich seit einer unbestimmt entfernten Zeit in der Vergangenheit langsam entwickelt hat. Der Zyklus ihrer Umwandlungen ist damit vollendet.

14. Dieser Rhythmus von Entwicklung und Auflösung, der sich in kleinen Aggregaten in kurzer Zeit vollendet und in großen, durch den Raum zerstreuten Aggregaten Perioden braucht, die menschliches Denken nicht abmessen kann, ist, soweit wir sehen können, allgemein

und ewig: jede der zwei abwechselnden Phasen des Prozesses herrscht bald in diesem, bald in jenem Teil des Raumes vor, wie es die lokalen Verhältnisse bestimmen.

15. Alle diese Erscheinungen in ihren großen Zügen bis herab zu ihren kleinsten Einzelheiten sind notwendige Folgen des Fortbestehens der Kraft unter ihren Formen, Materie und Bewegung. Wenn diese in ihrer bekannten Verteilung im Raume gegeben sind, und wenn sie Unveränderlichkeit ihrer Quantität, sei es durch Zu- oder Abnahme, gegeben ist, so folgen unvermeidlich die beständigen Neuverteilungen, die wir als Entwicklung und Auflösung unterscheiden, und alle jene besonderen Merkmale, die wir bisher aufgezählt haben.

16. Das, was unter diesen Erscheinungen unveränderlich in Quantität, aber immer wechselnd in der Form fortbesteht, übersteigt menschliches Wissen und Begreifen; es ist eine unbekannte und unerkennbare Kraft, die wir als unbegrenzt im Raum und ohne Anfang und Ende in der Zeit anerkennen müssen.

Haeckel.

Nicht in allmählicher Entwicklung, wie Herbert Spencer, sondern plötzlich kam Ernst Haeckel zum Entwicklungsgedanken, als er im Frühjahr 1860 Darwins eben erschienenes Buch über die Entstehung der Arten las[66]. Hier war die Entwicklungslehre auf ein spezielles Gebiet, das biologische, angewendet; aber Haeckel erweitert sie sofort zu universeller Geltung, er macht sie zur Grundlage einer umfassenden Weltanschauung und wird zum begeisterten Propheten dieser Weltanschauung. Er preist die Begründung der Entwicklungslehre als den größten Fortschritt der menschlichen Naturerkenntnis. „Entwicklung“ ist für ihn das Zauberwort, durch das wir alle uns umgebenden Rätsel lösen oder wenigstens auf den Weg ihrer Lösung gelangen können. Man hat dieser hohen Einschätzung der Entwicklungsidee ein Wort Huxleys entgegengehalten, des hervorragenden englischen Evolutionisten und Darwinisten, daß nämlich Entwicklung keine Erklärung des Natur-

[66]) Über Haeckel: W. Bölsche (1900), W. Breitenbach (1904), W. May (1909), W. Ostwald (1914), Fr. Maurer (1914); H. Schmidt in der Festschrift: Was wir Ernst Haeckel verdanken (1914); C. Keller u. A. Lang (1904) u. a. Hier war Haeckels Verhältnis zur Entwicklungslehre nur im allgemeinen anzugeben. In den speziellen Kapiteln, besonders im biogenetischen und anthropogenetischen, sind seine Verdienste um die Entwicklungslehre im einzelnen dargestellt.

geschehens sei, sondern einzig eine verallgemeinernde Angabe über die Wege und Ergebnisse dieses Geschehens. Allein der deutsche Gelehrte denkt hier tiefer als der englische; die Entwicklungslehre ist ihm die Wissenschaft nicht nur von den Tatsachen der Entwicklung, sondern auch von ihren Ursachen. Und E. König bemerkt sehr richtig: „Wenn wir bei der Erklärung irgend welcher Erscheinungen außer den allgemein gültigen Naturgesetzen jeweilig eine besondere Kombination materieller Elemente als vorhanden und somit als ein nicht weiter erklärbares Datum voraussetzen müssen, so setzt uns die Entwicklungsidee in den Stand, diesen Rückstand seinerseits noch weiter aufzulösen, indem sie das Gegebene als ein naturgesetzlich Gewordenes aufzufassen und zu begreifen lehrt. Gelingt es dabei, das Zusammengesetzte, mannigfaltig Differenzierte aus einem relativ einfachen und homogenen Anfangszustand abzuleiten, so wird dadurch die Zahl der ursprünglichen Unbegreiflichkeiten offenbar entsprechend vermindert“[67]. Bisher mußte sich die Wissenschaft mit der Kenntnis der bloßen Tatsachen begnügen, die Entwicklungslehre läßt uns auch die Ursachen erkennen. Wie Haeckel betont: „Man kann die Abstammungslehre als die mechanische Erklärung der organischen Formerscheinungen bezeichnen, oder als die Lehre von den wahren Ursachen in der organischen Natur.“ Andererseits ist Haeckel überzeugt, daß die Entwicklungslehre, der höchste Triumph, den der menschliche Geist erringen konnte, mehr als alles andere nicht allein zur geistigen Befreiung, sondern auch zur sittlichen Vervollkommnung des Menschen beitragen wird. Deshalb fordert er auch die Einführung des Entwicklungsgedankens, der genetischen Methode, in die Schule[68].

Die allgemeine Deszendenztheorie, welche Darwin in neuer Weise begründet hatte, gestaltet er zu einer speziellen Deszendenztheorie, zur Phylogenie. Durch eine neue Lehre von der Urzeugung oder Archigonie verbindet er die Phylogenesis mit der Geogenesis und Kosmogenesis, durch eine ausführliche Anthropogenesis mit der Psychogenesis. Sein Biogenetisches Grundgesetz zieht die Parallele zwischen Phylogenie und Ontogenie und läßt in jener die kausale Begründung der letzteren erkennen.

---

[67]) E. König, Kant und die Naturwissenschaften, 1907. — [68]) In dem Vortrag: „Über die heutige Entwicklungslehre im Verhältnis zur Gesamtwissenschaft“ (1877). Vorträge u. Abhandlungen II, 2. A., 1902, S. 119. Eingehender in „Freie Wissenschaft und freie Lehre“ (1878). Ebenda, S. 259: Genetische u. dogmatische Lehrmethode.

Die höchste und allgemeinste Bedeutung der Entwicklungslehre liegt für Haeckel darin, daß sie die Herstellung einer einheitlichen monistischen Weltanschauung ermöglicht. Indem sie die „Frage aller Fragen", die Frage nach der Stellung des Menschen in der Natur löst, stellt sie auch den Menschengeist in den großen Entwicklungsstrom des Daseins und unterwirft ihn dem Kausalgesetz, das alles Werden beherrscht. Sie erst, die Entwicklungslehre, bringt den Grundgedanken zur Geltung, der „Natur und Geist", Naturgeschichte und Kulturgeschichte unter einheitlichem Gesichtspunkt aufzufassen lehrt: den Gedanken von der Einheit der gesamten organischen und anorganischen Natur, den Gedanken von der allgemeinen Wirksamkeit mechanischer, d. h. natürlich-kausaler Ursachen in allen erkennbaren Erscheinungen, den Gedanken, daß die entstehenden und entwickelten Formen der Organismen, samt ihrer Funktionen, zu denen auch der Geist gehört, nichts anderes sind, als notwendige Produkte ausnahmsloser und ewiger Naturgesetze[69]).

Die allgemeine Entwicklungslehre und ihre Besonderung.

Es war eigentlich seltsam, daß der Entwicklungsgedanke erst durch Darwins Einfluß zu einem alles beherrschenden Prinzip in Haeckels Denken wurde. Man kann diesen Vorgang eine geistige Mutation, eine plötzlich in die Erscheinung tretende Umwandlung nennen, der, ganz wie De Vries für seine Mutationen annimmt, eine vorbereitende Prämutationsperiode vorausgegangen war. Von seinem vierzehnten Lebensjahr an war Haeckel mit den Ideen des Botanikers Schleiden bekannt, und Schleiden hatte wie kein anderer die genetische Methode betont und empfohlen, die Erkenntnis des Gewordenen durch das Studium seines Werdens; er hatte diese Methode nicht nur auf die Geschichte des Individums, sondern auch auf die Geschichte der Pflanzenwelt angewendet[70]). Alexander Braun, der Lehrer Haeckels, hatte 1855 in seiner Habilitationsrede „über den Zusammenhang der naturwissenschaftlichen Disziplinen unter sich und mit der Wissenschaft im allgemeinen" erklärt, die wesentliche Bedeutung der Naturwissenschaften liege darin, „daß sie unserem Gesichtskreis die Aussicht in die große geschichtliche Entwicklung eröffnen, von welcher die Geschichte des Menschengeschlechtes nur als ein Teil erscheint".

---

[69]) E. Haeckel, Generelle Morphologie, 1866, Vorwort. — [70]) M. J. Schleiden, Die Pflanze u. ihr Leben, 1848. Vgl. unten das biogenetische Kapitel.

Aber auch sonst war, hauptsächlich durch Hegel, um das Jahr 1860 der Entwicklungsgedanke schon so sehr zur Geltung gekommen, daß die „Enzyklopädie des gesamten Unterrichts- und Erziehungswesens“ (2. Bd. 1860, S. 130) unter dem Artikel „Entwicklung“ feststellen konnte: „Man trägt diesen Begriff fast auf alles über, was der Mensch nur irgend kennt und hat; man glaubt die Erscheinungen des natürlichen und geistigen Lebens erst dann recht zu begreifen, wenn man ihre Entwicklung kennt.“ Sodann führt der Artikel, ohne Kenntnis der Darwinschen Ideen, wie es scheint, näher aus: „Man sucht sowohl jede einzelne Pflanze und jedes einzelne Tier, als auch die Gesamtheit der Pflanzen und Tiere — das Pflanzenreich und Tierreich — besonders dadurch zu erkennen, daß man die Entwicklung dieser Wesen von ihren einfachsten Elementen bis zu ihrer vollkommenen Organisation verfolgt. Was aber das geistige Leben betrifft, so ist es schon nicht mehr ungewöhnlich, daß man die ganze Geschichte der Menschheit als einen großartigen Entwicklungsprozeß von der Natur zur Freiheit zu fassen sucht. Ebenso legt man in der Betrachtung des einzelnen Menschenlebens ein entscheidendes Gewicht auf die Entwicklung, zunächst auf die leibliche, sodann und vorzüglich auf die geistige, und nicht bloß auf die Entwicklung des Menschen in seiner Totalität, sondern auch auf die Entwicklung jeder einzelnen Kraft derselben, wie des Verstandes, des Willens, des Gefühls, des Gedächtnisses und der Einbildungskraft. Selbst von den höchsten Erzeugnissen und Gütern des menschlichen Geistes, von der Kunst, der Wissenschaft und Religion, sagt man mit Recht, daß sie ihre Entwicklung haben, und die Geschichte dieser Sphären besteht in einer gründlichen Darlegung ihrer Entwicklung von Stufe zu Stufe.“

Wenn auch die hier zitierte „Enzyklopädie“ den Entwicklungsbegriff ganz im Hegelschen Sinne auffaßt, so ist doch damit so ziemlich das Programm einer umfassenden Entwicklungslehre gegeben. Auch sie selbst hat sich aus höchst einfachen Anfängen zu einer großen Mannigfaltigkeit differenziert und verlangt infolgedessen von nun an eine getrennte Darstellung.

Als vier Hauptteile der „universalen Genetik“ unterscheidet Haeckel in den „Welträtseln“ (1899) die Kosmogenie, Geogenie, Biogenie und Anthropogenie, denen er 1912 noch die Psychogenie hinzufügt. Ich selbst habe 1907 die Genesis zerlegt in

Hylogenesis, die Entwicklung der Materie.
Kosmogenesis, die Entwicklung des Weltgebäudes.
Geogenesis, die Entwicklung der Erde.
Biogenesis, die Entwicklung des Lebens.
Anthropogenesis, die Entwicklung des Menschen.
Psychogenesis, die Entwicklung der Seele.
Soziogenesis, die Entwicklung der Gesellschaft.
Ethogenesis, die Entwicklung des gegenseitigen Verhaltens.
Logogenesis, die Entwicklung des Intellekts.
Theogenesis, die Entwicklung des höchsten Ideals.[71])

Es liegt auf der Hand, daß diese Liste noch beträchtlich erweitert und spezifiziert werden kann. Die universale Genetik erstreckt sich auf jedes einzelne Gebiet der menschlichen Wissenschaft und Kunst.

In dem Plan zu einer allgemeinen Entwicklungsgeschichte, den Berthold Weiß entworfen hat, bezeichnet er als einzelne Teile derselben: die Entwicklungsgeschichte 1. der kosmischen Systeme, 2. der Atome, 3. der Moleküle, 4. der Molekülvereinigungen, 5. der vielzelligen Organismen, 6. der Organismen-Vereinheitlichungen (Schwarm, Stock, Herd, Familie, Stamm, Volk, Menschheit). Zur Entwicklungsgeschichte jedes dieser Systeme kommt hinzu die Entwicklungsgeschichte der Energie und der Bewegungsvorgänge, von den einzelligen Lebewesen an die Entwicklungsgeschichte der Bewußtseins- und der unbewußten Bewegungsvorgänge. Die letztere umfaßt beim Volke und bei der Menschheit die Urproduktion, Technik, Kunst, Religion, Wissenschaft, Sprache, Unterricht, Krieg, Handel und Verkehr, Sitte, Recht und Moral[72]).

Aber auch die Auffassung des Entwicklungsbegriffs hat sich geändert. Noch die oben zitierte „Enzyklopädie des gesamten Unterrichts- und Erziehungswesens" faßt den Begriff der Entwicklung nach Hegelscher Art in rein logischem Sinn. Erst durch die Biologie, erst durch Lamarck, Darwin, Haeckel und ihre Vor- und Mitarbeiter hat dieser Begriff eine reale Bedeutung erlangt, und ihn in dieser Bedeutung sowohl für die theoretische Weltanschauung wie für die praktische Lebensführung zu umfassender Geltung gebracht zu haben, ist das unsterbliche Verdienst Ernst Haeckels.

---

[71]) Blätter des Deutschen Monistenbundes. Juli 1907. — [72]) B. Weiss, Entwicklung. Versuch einer einheitlichen Weltanschauung. 1908.

3. Kapitel.

Der Entwicklungsbegriff.

Auch der Begriff der Entwicklung hat seine Entwicklungsgeschichte. Für die ältesten Zeiten ist diese Geschichte nur auf Grund der vorhandenen Termini festzustellen; denn eine eingehendere Untersuchung des Entwicklungsbegriffs selbst tritt erst spät auf, wenn der menschliche Geist sich über seinen Inhalt besinnt und Rechenschaft ablegt. Zuerst ist, wie schon die Stoiker richtig erkannt haben, jeder Begriff ein nur naturwüchsiger, undifferenzierter, der seinen Inhalt nur dunkel und in den allgemeinsten Umrissen erkennen läßt. Erst seine Zergliederung durch den Logos bringt seinen ganzen Inhalt klar und vollständig zur Entfaltung. Dieser Logos stellt sich aber, im individuellen wie im sozialen Denken, verhältnismäßig spät ein, vielfach überhaupt nicht. Man begnügt sich meist mit dem bloßen Wort, ohne sich etwas dabei zu denken.

Über die Begriffsworte des Entwicklungsbegriffs in Indien verdanke ich der Liebenswürdigkeit des Herrn Hofrat Capeller-Jena die folgende Auskunft: „Für den Begriff der Entwicklung kommen besonders einige Termini der Sāṃkhya-Philosophie in Betracht, nach welcher die Prozesse der Weltbildung, des Weltbestehens und der Weltauflösung sich ewig in einem beständigen Kreislauf wiederholen. Der erste dieser Prozesse heißt saṃcara, wörtlich das Herumwandeln, der Umlauf, in den Wörterbüchern geradezu mit ‚Entwicklung' (development), ‚Evolution', ‚Emanation' übersetzt. Der Ruheprozeß heißt sthiti (Bestand), der Auflösungsprozeß entweder prati-saṃcara, ‚Gegenumlauf', oder laya, pralaya, ‚das Sichverstecken', ‚Verschwinden', übertragen ‚die Auflösung', ‚Reabsorption'. Andere, mehr populäre Ausdrücke für denselben Begriff, den saṃcara andeutet, sind sarga und sṛṣṭi, ‚das Entlassen', ‚Vonsichgeben', ‚Hervorbringen'. Das

letztere ist wohl das häufigste Wort für Schöpfung. Andere hierhergehörige Ausdrücke gehen auf die Vorstellung des Sichöffnens, Sichausbreitens, Anslichttretens zurück. Hervorzuheben wären ut-pad, wörtlich ‚aufgehen', ‚entstehen', auch ‚geboren werden', ud-bhu, wörtlich ‚auf- oder hervorwerden', bhu = φυ in φύω, φύσις, ud-bhid, wörtlich ‚aufspalten' (bhid = lat. findo), im Passivum: durch Spaltung oder Teilung, durch Entfaltung oder Entwicklung entstehen (Blüte, Brüste usw.)."

Bei den Griechen findet sich schon zu Beginn der philosophischen Spekulation der (naturwüchsige) Begriff der Entwicklung[1]). Einen bestimmten Ausdruck, der sich mit unserem „Entwicklung" deckt, hatten die Griechen indessen nicht. Als Terminus ihrer Entwicklungslehre findet sich bei den Vorsokratikern das Wort Ἀρχή, das gewöhnlich mit „Anfang" oder „Prinzip" übersetzt wird. Bei Homer bedeutet ἀρχή die Begründung einer Existenz ohne zeitliche oder stoffliche Färbung. Allmählich erfährt das Wort einen leichten Bedeutungswandel: die Begründung der Existenz beginnt mit einem ersten Glied einer Reihe, das andere Glieder nach sich zieht. So kommt die zeitliche, die stoffliche und die kausale Nüance in den Begriff der ἀρχή, Beginn, erstes Glied und Folgen der anderen Glieder[2]).

Genesis (γένεσις) ist bei Homer synonym mit πατήρ; so wird es vom Okeanos gebraucht. Es bedeutet „Erzeuger", „erzeugende Kraft", personifizierte Ursache eines Werdens oder Gewordenen. Bei Anaximander nähert sich die Bedeutung von γένεσις der Vorstellung eines Vorgangs, es bezeichnet das Werden, die Geburt selbst.

In die verwandtschaftliche Nähe des Entwicklungsbegriffs gehören auch die Adjektiva ἑτεροίος und ἀλλοίος, „anders beschaffen", „von anderer Art"; sie sind ebenso schwer zu unterscheiden wie die Verben ἑτεροιοῦν und ἀλλοιοῦν „verwandeln", „ändern". Ἡτεροίωσις wird von der Umwandlung in einen andern Körper gebraucht, so wenn Niobe in einen Stein umgewandelt wird, ἀλλοίωσις von dem Wandel der ganzen Vorstellung, die man sich von einem Dinge macht. Μεταβάλλεσθαί und μεταβολή bedeutet jede Änderung, sei sie eine allmähliche oder eine plötzliche, und betreffe sie

[1]) M. Heinze, Evolutionismus. Realencyklopädie für protestantische Theologie u. Kirche. 3. A., 5. Bd., 1898, S. 672. — [2]) B. Jordan, Beiträge zu einer Geschichte der philosophischen Terminologie. Archiv für Geschichte der Philosophie XXIV, 1911, S. 449.

das ganze Wesen oder nur einzelne Eigenschaften. Μεταμορφοῦν und μεταμόρφωσις ist dann die Veränderung der Gestalt, Farbe und der gesamten äußeren Erscheinung, wie sie durch μορφή ausgedrückt wird, während μετασχηματίσμος nur die Veränderung der Gestalt bezeichnet[3]). Das Wort Metamorphose, überliefert durch Ovids „Metamorphosen", in denen wunderbare Umwandlungen beschrieben werden, hat später in der Botanik und Zoologie noch eine große Rolle gespielt (s. das ontogenetische Kapitel); es bezeichnet dort sowohl die Umänderungen, die während der ontogenetischen Entwicklung vor sich gehen (individuelle oder sukzessive Metamorphose) als auch die Umwandlungen der Gestalt in der „Reihe" der Tierwelt, (simultane oder systematische Metamorphose), hier zunächst ohne realgenetische Bedeutung.

Aristoteles zuerst hat den Entwicklungsbegriff genauer untersucht (s. das zweite Kapitel, S. 45). Er begreift alle Veränderung (μεταβολή), sowohl die Ortsveränderung (φορά), wie das Wachstum und Hinschwinden (αὔξησις καὶ φθίσις), die qualitative Umwandlung (ἀλλοίωσις) wie auch Geburt und Tod, d. h. Werden und Vergehen (γένεσις καὶ φθορά) unter dem Begriff der Bewegung (κίνησις). Die Bewegung, d. h. also die Entwicklung, geht von Form zu Form. Die frühere Form enthält die Möglichkeit, den Stoff der späteren; diese ist die Ursache der μεταβολή, die Entelechie, welche die Entwicklung zielstrebig richtet. Die Entelechie ist „jenes Etwas, wodurch Materie hier in die Form des Bergkristalls, dort in die des Löwen, da in die des Menschen hineingetrieben wird"[4]). Bei Aristoteles zuerst gewann der Begriff Entwicklung einen teleologischen Charakter.

In der klassischen Latinität werden das Verbum evolvere und das Substantivum evolutio zwar gebraucht, aber nicht im heutigen Sinn. Cicero gebraucht das Wort evolutio z. B. für das Aufschlagen von Büchern, d. h. das Aufrollen von Schriften, evolvere für die Tätigkeit der Definition, quasi involutum evolvit id, de quo quaeritur. Evolvere wird auch von den Parzen gebraucht, die den Lebensfaden abwickeln, ebenso von der Zeit: ex (seit) Adam multi anni evoluti sunt. „Werden" wird durch fieri bezeichnet.

Bei Nicolaus von Kusa erscheint der Terminus evolutio im Sinne von explicatio, „Entfaltung", das ebenso wie complicatio sich

[3]) H. Heinrich Schmidt, Synonymik der griechischen Sprache. 4. Bd., 1886, S. 567. — [4]) O. Liebmann, Gedanken u. Tatsachen, I, 2. A., 1904, S. 102.

häufiger findet, während evolutio seltener vorkommt. Die Linie ist für den Kusaner die evolutio des Punktes, und diese wird erklärt als explicatio. Georges verdeutscht explicatio mit „Auseinanderrollen, Abrollen", übertragen: Entwicklung, Erörterung, Auseinandersetzung, Verdeutlichung, eingehende Darstellung, Erklärung. Explicatio naturae (Cicero) = Erklärung der Natur[5]). Die Grundbedeutung sowohl von explicatio als auch von evolutio ist das Zutagetreten oder Deutlichwerden von Verhülltem, Verborgenem, Eingeschlossenem, Eingewickeltem, Unsichtbarem, und in dieser Bedeutung wurde das Wort evolutio auch von den Evolutionisten des 18. Jahrhunderts gebraucht, die im Keim die Pflanzen und Tiere schon vorgebildet dachten.

Bei Leibniz treffen wir evolutio ebenso wie involutio nicht selten, ebenso die beiden entsprechenden Worte développement und enveloppement. Für „werden" brauchen auch die lateinisch schreibenden Autoren des Mittelalters und der neueren Zeit fieri, so z. B. Harvey: „Duplici modo aliquid ex aliquo (tanquam ex materia) fieri, idq. tam arte, quam natura." Auch das Wort transmutatio, „Umwandlung", findet sich und bezeichnet die Umwandlung eines spezifischen Stoffes in einen andern, wie sie z. B. die Alchemisten bewirken wollten, oder die plötzliche, unvermittelte Umwandlung einer Pflanzen- oder Tierart in eine andere. Man muß diese Bedeutung von transmutatio im Auge behalten, wenn Autoren im 18. oder noch im ersten Drittel des 19. Jahrhunderts sich gegen eine transmutatio erklären.

Das deutsche Zeitwort „entwickeln" und das Hauptwort „Entwicklung" kommen erst gegen Ende des 17. Jahrhunderts auf. Bei Jakob Böhme finden sich noch „auswickeln", „Auswicklung". Zuerst wurden „entwickeln" und „Entwicklung" von Begriffen gebraucht oder im Sinne von Erklärung, Deutung (Philipp von Zesen, 1645); doch wurden sie bald auch auf das Naturgeschehen übertragen und im Sinne von entfalten, auseinanderwickeln angewandt, so von Krämer (1678). Bei Adelung (Ende des 18. Jahrhunderts) hat das Wort die Bedeutung: aus verworrenem, unvollkommenem Zustand genauer im einzelnen gestalten.

Die Naturphilosophen des 18. Jahrhunderts und darüber hinaus verstanden unter „Entwicklung" nichts anderes als Entfaltung, explicatio, evolutio im strengen Sinne dieses Wortes. Die Dinge,

[5]) Georges, Latein.-deutsches Handwörterbuch, 8. A. 1913.

die sich entwickeln, sind für diese ,,Evolutionisten" vorgebildet, präformiert; sie brauchen sich nur durch Wachstumsvorgänge zu vergrößern, zu vergröbern, auseinander zu wickeln, um wahrgenommen zu werden. Noch gegenwärtig wird die Entwicklung vielfach so verstanden. So definiert z. B. Paul Barth in seiner ,,Philosophie der Geschichte" (2. Aufl. 1915, S. 80): ,,Entwicklung bedeutet, wie schon der Name andeutet (evolutio, explicatio, Auswicklung) die Entfaltung von Teilen, die zusammengefaltet schon vorhanden sind." Kaspar Friedrich Wolf war der erste, der mit dem Begriff der Entwicklung den der Neubildung, Umbildung verband in seiner ,,Theoria generationis" (1759).

Herders Entwicklungsbegriff ist gegeben in den synonym gebrauchten Worten: ,,Entwicklung, Fortgang, Stufen der Leiter"; es ist eine logische Entwicklung, ein Fortschreiten des Denkens von Stufe zu Stufe einer gegebenen und unveränderlichen Treppenleiter.

Goethe braucht das Wort entwickeln gern und oft, aber meist im alten Sinn von explicatio: ,,unvorsichtig entwickelst du die Falten deines Herzens". Ganz gegenständlich sagt er: ,,Einen alten verworrenen Zustand entwickeln und die Fäden auf einen Knäuel winden." Von Seneca heißt es in den Materialien zur Geschichte der Farbenlehre: ,,Alle jene verflochtenen Naturbegebenheiten, auf die er vorzüglich seine Aufmerksamkeit wendet, ängstigen ihn als eben so viele unergründliche Rätsel. Aufs Einfachere zu dringen, das Einfachste durch eine Erfahrung, durch einen Versuch vor die Sinne zu stellen, die Natur durch Entwicklung zu enträtseln, war noch nicht Sitte geworden." Entwicklung bedeutet hier offenbar nichts anderes als Auflösen der ,,verflochtenen" Naturbegebenheiten, des Zusammengesetzten, in seine einfachen Komponenten. Was wir heute Entwicklung nennen, nannte Goethe ,,Bildung und Umbildung". In seinen Nachforschungen über die Bildung und Umbildung organischer Naturen fand er, ,,daß die Natur stets ein analytisches Verfahren beobachte, eine Entwicklung aus einem lebendigen, geheimnisvollen Ganzen"; und dann ,,schien sie wieder synthetisch zu handeln, indem ja völlig fremd scheinende Verhältnisse einander angenähert und sie zusammen in eins verknüpft werden". Das analytische Verfahren der Natur ist eine ,,Sonderung", wie Goethe, ,,Differenzierung", wie man es heute nennt. Diesem Begriff der Entwicklung gemäß war es seine

Art, in der Betrachtung und Behandlung der Naturgegenstände „von dem Ganzen zu dem Einzelnen, vom Totaleindruck zur Beobachtung der Teile fortzuschreiten“[6].

Wie sich Goethe immer wieder um das Verständnis des Entwicklungsbegriffs bemüht hat, zeigen auch die folgenden Worte: „Es ist z. B. die Frage, ob man eine gewisse Einheit, an der die Mannigfaltigkeit sichtbar ist, aus schon vorhandenem Mannigfaltigen, Zusammengesetzten erklären oder aus einer produktiven Einheit entwickelt ansehen und annehmen wolle. Die atomistische und dynamische Vorstellungsart (— die synthetische und „analytische“, wie er sie in der oben mitgeteilten Stelle bezeichnet —) unterscheiden sich nur darin, daß jene in ihrer Erklärung das geheimnisvolle Band nachbringt, und daß diese es voraussetzt. Jene kann sich auf die Anastomose berufen, so wenn die Einzelblätter eines Kelches miteinander verwachsen, diese auf die angenommene (— d. h. erst gewordene —) Vielheit und Einheit, so wie die Palmblätter als Einheiten von der Natur hervor gebracht sodann in viele Teile sich trennen“[7]. Das Viele in Einem sukzessiv und als Einschachtelung zu denken, hält Goethe für eine unvollkommene und der Einbildungskraft wie dem Verstand nicht gemäße Vorstellung; aber man müsse eine Entwicklung im höheren Sinn zugeben; das Viele im Einzelnen, am Einzelnen setze uns nicht mehr in Verlegenheit, wenn man sich folgendermaßen ausdrücke: „Das untere Lebendige sondere sich vom Lebendigen, das höhere Lebendige gliedere sich am Lebendigen, und da wird ein jedes Glied ein neues Lebendiges“[8]. Gliederung ohne Steigerung ist jedoch ohne Interesse. „Wir landen da, wo uns am meisten zugesagt ist: gesteigerte Gliederung, sukzessiv gegliederte Steigerung, dadurch Möglichkeit einer Schlußbildung, wo dann abermals das Viele vom Vielen sich sondert, aus dem Einen das Viele hervortritt“[9]. Ein weiteres Licht auf Goethes Entwicklungsbegriff wirft auch seine Bemerkung: „Wenn Maler und Musiker den wahren Namen eines Künstlers verdienen wollen, so setzen sie ihre Werke nicht zusammen, sondern sie entwickeln irgend ein inwohnendes Bild, einen höheren Anklang natur- und kunstgemäß. So auch in der Natur: Die Organe kompo-

[6]) Einwirkung der neueren Philosophie. Ausg. des Bibliographischen Instituts (Heinemann), 29, 134. — [7]) Maximen u. Reflexionen aus dem Nachlaß. Cottasche Jubiläums-Ausgabe, 40, 103. — [8]) Ebenda S. 104. — [9]) Ebenda S. 105.

nieren sich nicht als vorher fertig, sie entwickeln sich aus- und aneinander zu einem notwendigen, ins Ganze greifenden Dasein"[10]).

Man sieht, wie Goethe mit dem Entwicklungsbegriff ringt, ohne uns, nach unserem Empfinden, darüber zu völliger Klarheit zu verhelfen. Nur soviel ist sicher: er neigt dem analytischen Entwicklungsbegriff zu, ohne jedoch synthetische Vorgänge auszuschließen, und er verbindet mit dem Begriff der Entwicklung den der Steigerung. Zuweilen werden „steigern" und „entwickeln" mit geringer Abschattierung füreinander gebraucht, wie in dem Satz: „Der Deutsche läuft keine größere Gefahr, als sich mit und an seinen Nachbarn zu steigern; es ist vielleicht keine Nation geeigneter, sich aus sich selbst zu entwickeln"[11]).

Ist so Entwicklung im Goetheschen Sinne, wie auch Rudolf Eucken sie auffaßt, „Wirken aus einem Ganzen"[12]), „von innen her, nach einem Gesetz des Ganzen", so liegt der Entelechie-Gedanke, die teleologische Deutung des Entwicklungsbegriffs nahe, obgleich diese nicht notwendig mit dem analytischen Entwicklungsbegriff verbunden ist. Für Hegel enthält das Prinzip der Entwicklung den Sinn, „daß eine innere Bestimmung, eine an sich vorhandene Voraussetzung zu Grunde liege, die sich zur Existenz bringe"[13]). Ganz im Sinne Hegels bestimmt die „Encyklopädie des gesamten Erziehungs- und Unterrichtswesens" im Jahre 1860 den Begriff der Entwicklung: „Obgleich die Entwicklung ein Prozeß ist, der in der Zeit vor sich geht, so unterscheidet sie sich doch von der bloßen Veränderung oder von dem bloßen Werden auf das bestimmteste. Die Entwicklung ist keine bloße Veränderung, sondern eine solche Veränderung eines lebenden Wesens, durch welche dasselbe zu dem gemacht wird, was es sein soll, oder, anders ausgedrückt: die Entwicklung eines lebenden Wesens ist ein Werden, welches die in ihm liegende Idee offenbar macht und gestaltet. Man muß annehmen, daß bei jeder Entwicklung eine letzte Gestalt gesucht wird und gefunden werden kann, die ein vollkommener Ausdruck der in der sich entwickelnden Sache ursprünglich liegenden Idee ist, und diese letzte Gestalt oder Entwicklungsstufe ist das Ideal." Ähnlich definieren Ueberweg-Heinze die

---

[10]) Abhandlung über Geoffroy de St. Hilaire, Principes de Philosophie zoologique. Werke (Heinemann) 30, 56. — [11]) Maximen u. Reflexionen. Jub.-Ausg. 38, 278. — [12]) R. Eucken, Geistige Strömungen der Gegenwart. 5. A. 1916, S. 196. — [13]) Hegel, Philosophie der Geschichte. Einleitung.

Entwicklung als „die sukzessive Realisierung des Wesens in einer Stufenfolge von Erscheinungen“[14]).

Dieser Entwicklungsbegriff ist nichts anderes als die alte Evolutionslehre ins Metaphysische gewendet, die ihrerseits auf Platos Ideenlehre zurückgeht. Wie diese das vollendete Wesen realiter schon im Keim vorhanden sein läßt, so jener aristotelisch-hegelische Entwicklungsbegriff idealiter. Wie jene Präformationstheorie durch die moderne Ontogenie hinfällig geworden ist, so diese Prädeterminationslehre durch die moderne Kosmogenie, Geogenie und Phylogenie. Die Entwicklung ist für uns heute „Epigenesis“, d. h. fortwährende Umbildung, Neubildung. Im Gebiete der Ontogenie hat die Prädeterminationslehre ihre Berechtigung. Der Keim eines individuellen Lebewesens ist spezifisch determiniert durch die Vererbungsqualitäten, die er im Laufe seiner erdgeschichtlichen Entwicklung erworben hat. Diese spezifische Determination wird aber bis zu einem gewissen variablen Grad durch eine individuelle Indetermination, die ihren Grund in den variablen Umgebungsbedingungen hat, gelockert. Das Individuum wird nicht nur zu Umständen, sondern auch durch Umstände gebildet (Goethe), und diese Umstände sind zwar an sich naturgesetzlich bedingt und bestimmt, nicht aber in Hinsicht auf die in sie eintretenden Wesen oder materiellen Systeme, für die sie vielmehr zufällig genannt werden müssen. Wechselnde Umgebungsverhältnisse, die ihrerseits wieder durch wechselnde Bedingungen bestimmt werden, und so fort ins Unendliche, sind es also, welche die Richtung einer Entwicklung mitbestimmen und diese Richtung kann nur dann eine bestimmte sein, wenn die Umgebungsbedingungen selbst eine bestimmte Richtung der Entwicklung einhalten. Richard Avenarius unterscheidet sehr richtig die in einem gegebenen System (etwa einem Organismus) enthaltenen Bedingungen als „systematische Vorbedingungen“ von denjenigen Mitbedingungen, die zu den systematischen Bedingungen hinzutreten müssen, um eine mögliche Änderung zu verwirklichen, als „Komplementär-Bedingungen“. Es können Komplementär-Bedingungen unverändert bleiben, während das System selbst sich allmählich ändert. Dann ändert sich natürlich das Verhältnis der systematischen zu den Mitbedingungen. Das System reagiert anders als zuvor auf die Komplementär-Bedingungen. Ja,

[14]) Grundriß der Geschichte der Philosophie, I. 8. A. 1894. S. 5; 10. A. 1914, S. 6.

es kann die Verwandlung eines Systems dahin führen, daß ein Umgebungsbestandteil ganz und gar aufhört, Komplementär-Bedingung zu sein. Andererseits kann aber auch ein Umgebungsbestandteil infolge der Änderung des Systems erst anfangen, Mitbedingung zu werden[15]. Eine konstant einsinnig wirkende Entwicklungskomponente ist zum Beispiel die Temperaturabnahme eines nur relativ geschlossenen Systems, wie es etwa unser Sonnensystem darstellt, die im Sinne des Fechnerschen Prinzips der Tendenz zur Stabilität oder im Sinne der Spencerschen Entwicklungsformel wirkt. Beide, Fechner wie Spencer, lassen die Entwicklung eines Systems zu einem gewissen Ziel gelangen, nämlich zur Harmonie oder zum Gleichgewicht; aber dieses Ziel wird völlig auf mechanischem Wege erreicht durch die einfachen Gesetze der Bewegung.

Spencer hat sich sehr eingehend mit dem Begriff der Entwicklung befaßt[16]. Er definiert nach sorgfältiger Prüfung der verschiedensten Gebiete, wo nur immer von Entwicklung die Rede sein kann, die Entwicklung als Integration von Substanz und diese begleitende Zerstörung von Bewegung, während welcher die Substanz von einer relativ unbestimmten unzusammenhängenden Gleichartigkeit zu einer relativ bestimmten zusammenhängenden Ungleichartigkeit übergeht und die zurückbleibende Bewegung eine parallele Umwandlung erfährt. Integration ist für Spencer nichts anderes als Aggregation, Konzentration, Zusammenziehung, Übergang eines Stoffes aus einem diffusen in einen konzentrierten Zustand, wobei eine „Vereinheitlichung" stattfindet, eine Systembildung; die vorher zerstreuten und beziehungslosen Einheiten vereinigen sich zu Teilen einer höheren Einheit. Spencers Entwicklungsbegriff steht also durchaus im Gegensatz zum Entwicklungsbegriff Goethes, der die Einheit voraussetzt und diese sich zur Vielheit differenzieren läßt.

Auch Haeckel führt alle Entwicklungsvorgänge auf Mechanik der Atome zurück, kommt aber doch in seinen näheren Bestimmungen dem goetheschen Entwicklungsbegriff näher als Spencer. Er versteht unter Entwicklung „im weitesten Sinne" die beständigen Veränderungen der Substanz, unter Entwicklungsgeschichte „im weitesten Umfange" also Geschichte der Substanz[17]. Von einer bestimmten Richtung

---

[15]) R. Avenarius, Kritik der reinen Erfahrung I, 1888, S. 29. — [16]) H. Spencer, Grundsätze einer synthetischen Auffassung der Dinge. 2. A. 1901. — [17]) E. Haeckel, Der Kampf um den Entwicklungsgedanken. 1905, S. 101.

der Entwicklung ist hier nicht die Rede, aber Haeckel spricht doch verschiedentlich von einer Tendenz zur Vervollkommnung, die in der Entwicklung zutage tritt, von einer immanenten Teleosis der Entwicklung, deren Grund aber ebensowenig in der unmittelbaren bewußten und planvollen Tätigkeit eines persönlichen Schöpfers als in der unbewußten Wirksamkeit einer zwecktätigen Endursache oder einer sogenannten „Zielstrebigkeit“ zu suchen sei, sondern vielmehr in der teleologischen Mechanik der Wechselwirkung von Vererbung und Anpassung im Kampf ums Dasein[18]).

Eingehend hat Haeckel die Frage nach der Vollkommenheit und Unvollkommenheit der Organismen in seiner „Generellen Morphologie“ erörtert (I, 371) und zu zeigen versucht, worauf die verschiedenen Grade der Vollkommenheit zurückzuführen sind. Er findet den Organismus um so vollkommener, je höher der morphologische Individualitätsgrad ist, zu welchem er sich erhebt (Zelle — Zellenstaat — Personenstaat), je größer also die Zahl der untergeordneten Individualitätsstufen ist, welche ihn zusammensetzen. Nicht davon allein hängt aber die Vollkommenheit eines Organismus ab — oder überhaupt eines materiellen Systems —, deshalb bestimmt Haeckel in seinen tectologischen Thesen weiter: Jede morphologische Individualität irgend einer Ordnung ist um so vollkommener, je ungleichartiger die in Mehrzahl vorhandenen Individuen der nächst tieferen Ordnung sind, welche sie konstituieren, je größer also deren Polymorphismus (Arbeitsteilung, Differenzierung) ist. Der Organismus ist um so vollkommener, je abhängiger die gleichartigen Individualitäten, welche ihn zusammensetzen, voneinander und vom Ganzen sind, und je mehr also der ganze Organismus zentralisiert ist und alle subordinierten Individualitäten beherrscht (Gesetz der Zentralisation). Jedes einzelne Form-Individuum irgend einer Ordnung ist dagegen um so vollkommener, je unabhängiger dasselbe von seinen koordinierten Genossen (den anderen Form-Individuen derselben Ordnung) und je unabhängiger es zugleich von dem übergeordneten Ganzen ist (Gesetz der individuellen Autonomie).

Schon Goethe hatte die Bestimmungen der Differenzierung und der Zentralisation (oder Subordination) in den Begriff der Vollkommenheit aufgenommen. Im Vorwort des ersten Heftes „Zur

[18]) Generelle Morphologie, 1866, II, 257; Systematische Phylogenie I, 1894, S. 292.

Morphologie" (1817) sagt er: „Je unvollkommener das Geschöpf ist, desto mehr sind seine Teile gleich oder ähnlich, und desto mehr gleichen sie dem Ganzen. Je vollkommener das Geschöpf wird, desto unähnlicher werden die Teile einander. In jenem Falle ist das Ganze den Teilen mehr oder weniger gleich, in diesem das Ganze den Teilen unähnlich. Je ähnlicher die Teile sind, desto weniger sind sie einander subordiniert. Die Subordination der Teile deutet auf ein vollkommeneres Geschöpf."

Vier Bestimmungsstücke sind es also, die nach Haeckel den Grad der Vollkommenheit bedingen: der Grad der Komplexität, der Grad der Differenzierung, der Grad der Zentralisation und der Grad der individuellen Autonomie. Nur unter Berücksichtigung aller vier dieser Stücke ist der Vollkommenheitsgrad eines Organismus oder eines materiellen Systems überhaupt zu bestimmen, nicht nach einem allein. Daraus folgt die Schwierigkeit der Vollkommenheitsfrage in ihrer Anwendung auf den einzelnen Fall.

Nimmt man den Begriff der Vollkommenheit in dem von Haeckel bestimmten Sinne an und sieht man sich daraufhin die kosmogenetischen, geogenetischen, biogenetischen und soziogenetischen Tatsachen an, so ist kein Zweifel daran möglich, daß die Entwicklung zum Teil fortschreitend zur Vollkommenheit geführt hat. Aber es gibt auch „Rückschritte" in der Natur, die zur Unvollkommenheit führen, zur Verminderung des Grades der individuellen Autonomie, der Zentralisation der Differenzierung, der Komplexität. Es ist deshalb nötig, den Begriff der Entwicklung auf diese Rückschritte auszudehnen und demgemäß von einer fortschreitenden und rückschreitenden Entwicklung zu reden. Und so wenig die fortschreitende Entwicklung eine Evolution im Sinne der Präformationslehre ist, ebensowenig ist die rückschreitende Entwicklung eine Involution. Die Entwicklung eines ganzen Systems kann im Fortschritt begriffen sein trotz der eventuellen Rückschritte untergeordneter Teilsysteme; und umgekehrt: die Entwicklung eines Systems kann im Ganzen rückschreitend sein, auch wenn einzelne untergeordnete Teilsysteme in ihrer Entwicklung fortschreiten.

Entwicklung ist also nicht bloße Veränderung, sondern bestimmt gerichtete Veränderung; bestimmt nicht durch ein metaphysisches Prinzip, sondern allein durch die Definition. Die Veränderung, die nicht zu einem höheren Grad von Vollkommenheit oder Unvollkommenheit (im Sinne Haeckels) führt, fällt eben nicht unter den Begriff der Entwick-

lung. Damit wird auch die Unterstellung hinfällig, als käme durch die Aufnahme des „Fortschritts" (resp. Rückschritts) ein objektives teleologisches Moment in die Definition der Entwicklung. Verworn[17]) sagt ganz richtig: „In Wirklichkeit existiert für die Entwicklung der Organismen ebensowenig ein vorbestimmtes Ziel, nach dem sie strebt, wie für irgend eine chemische Reaktion." Aber er geht von der irrigen Voraussetzung aus, daß der Begriff des Fortschritts ein Ziel involviere. Ziel bezeichnet einen feststehenden Punkt, und gerade ein solcher liegt nicht im Begriff des Fortschritts. Setzen wir das Ziel in die Vollkommenheit, so ist es allerdings vorausbestimmt, aber eben nur von uns selbst, in der Idee. Die Natur kümmert sich aber nicht um die Ideen des Menschen und geht ihre eigenen mechanischen Wege, solange, bis der Mensch mit seinem von Ideen gerichteten Willen selbst in ihren Gang eingreift und das von ihm vorbestimmte Ziel, nach dem er strebt, durch geschickte Kombination elementarer Naturkomponenten erreicht. Erst mit dem durch Einsicht bestimmten Willen des Menschen und vielleicht noch der vollkommeneren Tiere kommt ein teleologisches Moment in die Natur und in ihre Entwicklung.

Über die Genesis des Vollkommenheitsbegriffs und seine Anwendung auf Naturgegenstände finden sich treffende Bemerkungen in Spinozas Ethik[18]). Spinoza führt den Begriff ganz richtig auf die zwecksetzende Tätigkeit des Menschen zurück. Wenn jemand sich vorsetzt, irgend einen Gegenstand zu machen und der Gegenstand wird so, wie er ihn haben wollte, so wird er und jeder, der den Geist und Zweck des Verfertigers genau kennt, sagen, der Gegenstand sei vollkommen. Angenommen z. B., jemand sieht irgend ein unfertiges Werk und er weiß, daß der Verfertiger ein Haus bauen wollte, so wird er das Haus für unvollkommen erklären; für vollkommen dagegen, wenn er das Werk soweit gediehen sieht, als es der Verfertiger beabsichtigte. Von einem Werk, desgleichen er nie gesehen hat und dessen Zweck er nicht kennt, wird er nicht wissen können, ob es vollkommen oder unvollkommen ist. Als aber weiterhin die Menschen anfingen, allgemeine Ideen zu bilden und Musterbilder zu ersinnen, und die einen Musterbilder den andern vorzuziehen, nannte jeder das vollkommen, was er in Übereinstimmung fand mit der allgemeinen

[17]) Allgemeine Physiologie, 6. A., 1909, S. 378. Vgl. auch V. Franz, Was ist ein höherer Organismus? Biol. Centralblatt XXXI, 1911, S. 1 u. 33. — [18]) 4. Teil, Vorwort.

Idee, die er sich von dem betreffenden Gegenstand gebildet hatte. Daher kann, was für den einen vollkommen ist, für einen andern doch unvollkommen sein. Wie von den künstlichen, so machten sich die Menschen nämlich auch von den natürlichen Dingen Musterbilder, die sie, in Analogie zu ihrer eigenen Tätigkeit, einem schaffenden Gott oder der Natur selbst zuschrieben. Sie anthropomorphosierten die Natur, und dieser Anthropomorphismus schleicht sich immer wieder in die Betrachtung der Natur ein; gegen ihn polemisiert Verworn mit Recht; er ist aber im Unrecht, wenn er dem Menschen das Recht abspricht, sich einen Vollkommenheitsbegriff zu bilden und in Hinsicht auf diesen Begriff von einem Fortschritt zur Vollkommenheit zu reden.

Wenn Verworn weiterhin sagt: „Die Annahme, daß ein Mensch vollkommener sei als eine Amöbe, bleibt immer eine willkürliche, für welche die Wirklichkeit keine Berechtigung bietet", so liegt auch darin Wahres und Falsches untereinander gemischt. Unsere Erkenntnis der Natur verdichtet sich in Begriffen, und umgekehrt können wir die Natur intellektuell nur durch Begriffe meistern. Läßt uns die Natur selbst erkennen, daß sie im Laufe der Erdgeschichte von der Amöbe zum Menschen fortgeschritten ist, und erkennen wir in diesem Fortschritt einen immer höheren Grad von Komplexität, Differenzierung, Zentralisation und individueller Autonomie, und nennen wir — ein Wort müssen wir ja doch dafür haben — den v o r g e s t e l l t e n, höchsten Grad dieses Fortschritts Vollkommenheit, dann ist der Mensch vollkommener als die Amöbe und ein Mensch vollkommener als ein anderer.

Verworn, wie im übrigen auch andere, beziehen diesen Begriff auf die Angepaßtheit der Organismen an ihre Umgebungsbedingungen. So gefaßt, läßt sich allerdings kaum ein Unterschied in der „Vollkommenheit" der Amöbe und des Menschen entdecken, denn beide sind den Umgebungsbedingungen gleich gut oder gleich schlecht angepaßt. Allein schon daraus, daß sich der Begriff der Angepaßtheit nur in sehr eingeschränktem Maße als Moment des Fortschreitens verwenden läßt, geht seine Unbrauchbarkeit zur näheren Bestimmung der Vervollkommnung hervor. Er bringt außerdem ein fremdes, nicht in den betreffenden Systemen selbst liegendes und obendrein variables Moment in die Definition der Vervollkommnung — nämlich die variablen Existenzbedingungen — während die Definition Haeckels sich in der Hauptsache auf systemeigene Eigenschaften beschränkt,

ohne die Beziehung nach außen zu vernachlässigen. Aber auch diese Beziehung zur Außenwelt faßt Haeckel, richtiger als Verworn, nicht bloß als Angepaßtheit, sondern als individuelle Autonomie.

In neuerer Zeit haben sich besonders Rudolf Eucken, Heinrich Rickert, Felix Krueger, Christoph Sigwart und Julius Wiesner eingehend mit dem Entwicklungsbegriff befaßt.

Rickert untersucht, was mit dem Wort „Entwicklung" gemeint ist[19]). Er findet, Entwicklung bedeute 1. soviel wie Werden oder Geschehen überhaupt; 2. wirkliche Veränderung, unter Ausschluß aller Wiederholung; 3. Veränderung mit einem bestimmten Endstadium als Ziel, ohne Verknüpfung mit einem Wort oder dem Gedanken eines gewollten Zwecks; 4. einen einzigartigen und einheitlichen (individuellen) Werdegang, bezogen auf einen rein theoretischen Wert 5, ohne positive oder negative Wertung; 5. dasselbe mit ausdrücklicher (positiver oder negativer) Wertbeurteilung des ganzen Werdegangs oder seiner einzelnen Stadien; 6. Fortschritt oder Wertsteigerung; 7. teleologisch durch eine Zweckursache bestimmte Entwicklung.

Eucken unterscheidet die künstlerische oder logische Entwicklungslehre von der streng wissenschaftlichen[20]). Nach jener erfolge die Bewegung von innen heraus und immer wirke, auch an den einzelnen Stellen, mit überlegener Kraft das Ganze. Die streng wissenschaftliche Entwicklungslehre gebe dagegen alle inneren Zusammenhänge auf und stelle das Problem ganz und gar auf den Boden des unmittelbaren Daseins; nach dieser soll „das empirische Zusammentreffen der Elemente den Gesamtstand der Natur erzeugen, aller Fortschritt aber in einem zeitlichen Nacheinander erfolgen". Gegenwärtig sei die ältere (künstlerische) Entwicklungslehre weit zurückgedrängt; von Hegel sei die Herrschaft auf Darwin übergegangen.

Eucken ist gewöhnt, die Gegensätze des Denkens und Seins scharf herauszuarbeiten, um dann eine mögliche Synthese zu suchen. In diesem Falle erscheinen die Antithesen einander allzu schroff entgegengesetzt; ich kenne keine wissenschaftliche Entwicklungslehre, die alle inneren Zusammenhänge aufgäbe, die nicht auch im Einzelnen die Kraft des Ganzen wirksam sähe. Seit Cuvier und Goethe

[19]) Die Grenzen der naturwissenschaftlichen Begriffsbildung. 2. A. 1913. — [20]) R. Eucken, Geistige Strömungen der Gegenwart. 5. A. 1916, S. 182.

hat wenigstens die Biologie die „Übereinstimmung des Ganzen", das Gesetz der „Korrelation der Teile" nicht wieder vergessen, und seit Goethe, Lamarck, Geoffroy de St. Hilaire, Alexander von Humboldt und Darwin weiß sie unverlierbar, daß jede Kreatur nur ein Ton, eine Schattierung einer großen Harmonie ist, die man auch im Ganzen studieren muß, weil sonst jedes Einzelne ein toter Buchstabe ist (Goethe). Ebenso hat schon Goethe bemerkt, daß die Entwicklung nicht nur analytische, sondern auch synthetische Momente enthält, daß sie nicht nur eine Sonderung vom Einzelnen, sondern auch ein „Zusammentreffen der Elemente" ist.

Von inneren Ursachen macht auch Wilhelm Wundt die Anwendung des Entwicklungsbegriffes abhängig. Er bezeichnet diejenigen Wissenschaften, in denen der Begriff der Entwicklung eine selbständige Stellung einnimmt, als genetische Wissenschaften[21]) und rechnet hierzu die Kosmologie, Geologie und Entwicklungsgeschichte der Organismen, sowie die Geschichte, während er die Physik, Chemie, Physiologie und Psychologie als phänomenologische, die Mineralogie, systematische Botanik, Zoologie, systematische Rechtswissenschaft, Nationalökonomie usw. als systematische Wissenschaften klassifiziert[22]). Die Aufgabe der genetischen Wissenschaften sei die „Nachweisung der Entstehung und der im Laufe der Zeit entstandenen Veränderungen der Naturgegenstände wie der Geisteserzeugnisse"[23]). Die Anwendung des Entwicklungsbegriffs auf ein kosmisches System besitze jedoch nur die Bedeutung einer äußeren Analogie. Wenn ein kosmisches System zuerst entstehe, dann während einer gewissen Zeit in relativem Gleichgewichtszustand andauere, um endlich wieder unterzugehen, so liege darin zweifellos eine Ähnlichkeit mit den Vorgängen der organischen Entwicklung. Diese Ähnlichkeit sei jedoch eine äußere. Zu einer wirklichen Verwandtschaft mit der organischen Entwicklung fehle die Hauptsache: der Nachweis, daß jene kosmische Entwicklung von der Wirksamkeit innerer, in dem System selbst gelegener Ursachen herrühre[24]).

Allein kein Teilsystem des Universums, auch kein organisches, ist so völlig geschlossen, daß seine Veränderungen nur von inneren, systemeigenen Ursachen abhängig wären. Der hohe, übrigens ab-

[21]) Logik II, 3. A. 1907, S. 94. — [22]) Einleitung in die Philosophie. 6. A. 1914, S. 73. — [23]) Logik II, S. 94. — [24]) System der Philosophie. II, 3. A. 1907, S. 67.

gestufte Grad von individueller Autonomie, den die organischen Systeme erreichen, täuscht vielfach darüber hinweg, daß es sich auch dabei um ein Entwicklungsresultat handelt. Aber selbst der Mensch, der sich soviel auf seine „Willensfreiheit", seine Autonomie einbildet, ist leider nur zu oft ein „Spiel von jedem Druck der Luft". Innere und äußere „Ursachen" wirken bei jeder Entwicklung zusammen, deren Endresultat hängt von jenen Komponenten ab. Die Entwicklung ist letzten Endes nichts als ein mechanisches Rechenexempel, dessen Kompliziertheit nicht dazu berechtigt, irgendwelche unberechenbare Faktoren anzunehmen.

Während Eucken geneigt ist, den „künstlerischen" Entwicklungsbegriff für den allein richtigen, echten zu halten, gibt Sigwart zu, daß auch auf dem Boden der Atomistik von Entwicklung geredet werden könne[25]). Zunächst in dem Sinne, daß alle Wirkungen, die ein bestimmtes Atom ausübe, und alle Zustände, in die es gerät, als Entwicklung dessen betrachtet werden, was in seinen konstanten, von allen Zeitunterschieden unberührten Kräften begründet sei; denn diese werden ja nur unter Bedingungen wirksam, die in der Zeit durch wechselnde Relationen zu andern eintreten. Der Begriff der Entwicklung lasse sich aber auch auf ein kleineres oder größeres System von Atomen, schließlich auf die ganze Welt anwenden. Die Gesamtentwicklung des Systems stelle nur die kollektive Summe der aufeinander folgenden Bewegungen der einzelnen Atome dar, die in ihren Kräften unter den gegebenen Bedingungen begründet ist. Sigwart hält es nicht nur für möglich, sondern auch für methodisch gerechtfertigt, auch die Entwicklung der Organismen auf die sie zusammensetzenden Atome als letzten Grund zurückzuführen und somit den spezifisch organischen Entwicklungsbegriff, der ein Entwicklungssubjekt und ein teleologisch bestimmtes Ziel erfordere, auf den allgemeinen, auch im mechanischen Gebiete anwendbaren Entwicklungsbegriff zu reduzieren.

Julius Wiesner stellt sich die Aufgabe, den Entwicklungsbegriff möglichst genau zu umgrenzen[26]). „Die unnatürliche Erweiterung des Entwicklungsbegriffs, welche vielfach zu einer Identifizierung von Entwicklung und Veränderung führte, machte die möglichste Reinigung dieses Begriffes wünschenswert." Nach eingehender kri-

[25]) Logik II, 4. A. 1911. — [26]) J. v. Wiesner, Erschaffung, Entstehung, Entwicklung u. über die Grenzen der Berechtigung des Entwicklungsgedankens, 1916.

tischer Untersuchung einiger älterer Versuche, den Entwicklungsbegriff zu bestimmen, gelangt er zu folgender Charakteristik der „wahren“ Entwicklung oder Evolution. 1. Wahre Entwicklung kann sich nur an einem individuell ausgeprägten Wesen vollziehen. 2. Es sind innere, dem sich Entwickelnden inhärende Potenzen, welche für den Gang der Entwicklung maßgebend sind. 3. Jede wahre Entwicklung verläuft streng gesetzmäßig. 4. Jede wahre Entwicklung führt zu einem bestimmten Ziele oder schlägt bei unendlicher Dauer des Vorgangs eine bestimmte Richtung ein. In eine Definition zusammengefaßt: „Wahre Entwicklung ist ein auf inneren Potenzen des sich Entwickelnden beruhendes, gesetzmäßig fortschreitendes, einem bestimmten Ziele zustrebendes Werden eines im ganzen Verlaufe der Veränderungen individuell begrenzten Wesens.“

Von der wahren Entwicklung unterscheidet Wiesner die Scheinentwicklung (Pseudo-Evolution), welche durch fortlaufendes Werden das Bild einer echten Entwicklung vortäusche; sie sei nur negativ charakterisiert dadurch, daß sie jenen Bedingungen nicht zuneigt, welche zur Erfüllung wahrer Entwicklung erforderlich seien; sie beruhe auf bloß äußerlichen Ursachen. Im anorganischen Gebiete herrsche die Pseudo-Evolution, die echte Entwicklung sei nur im Kristallwachstum nachweisbar; im organischen Reiche bilde die echte Entwicklung die Regel, Scheinentwicklung die Ausnahme.

Als echtesten Typus einer wahren Entwicklung betrachtet Wiesner die Ontogenese, die Entwicklung eines organischen Individuums. Dadurch wird seine Definition des Entwicklungsbegriffs von vornherein bestimmt und umgrenzt und notwendig zu eng. Insbesondere die „Zielstrebigkeit“ der ontogenetischen Entwicklung wird unberechtigterweise auf die Entwicklung überhaupt übertragen, ebenso die ausschließlich inneren Potenzen der befruchteten Eizelle. Die Phylogenie fällt ganz und gar aus dem Rahmen der Wiesnerschen Definition heraus, da sie sich nicht an einem „individuell begrenzten Wesen“ abspielt, es sei denn, daß man dies Individuum im Keimplasma suche.

Felix Krueger stellt fest, daß der Entwicklungsgedanke durch die vereinte Arbeit der neueren Wissenschaft und Erkenntnistheorie mehr und mehr die Idee von sich abgestreift hat, die ihm durch Jahrhunderte vornehmlich aus seiner theologisch-dogmatischen Wurzel zugeflossen war: daß das sich Entwickelnde in all seinem Wandel zweckursächlich bedingt sei durch hypostasierte, ein für allemal fest-

stehende Ziele. Zu den Merkmalen des wissenschaftlichen Entwicklungsbegriffes gehören wesentlich und notwendig nur die folgenden: 1. die gedachte Stetigkeit der in Frage gestellten Veränderungen; 2. ihr gedachtes Eingeschlossensein in ein relativ einheitliches Ganzes qualitativ verschiedener, wechselwirkender Teile, welches dynamische Ganze sich in allen seinen Wandlungen als dieses Einheitliche behauptet, z. B. ein Organ, ein individueller Gesamtorganismus, ein kultureller Dauerzusammenhang und seine Institutionen. Ein jedes solches Ganze ist mehr als die Summe seiner Teile. Diese bilden miteinander nicht eine bloß additive Einheit, sondern ein synthetisch-lebendiges Gebilde, eine „Struktur". Das Eigentümliche des Ganzen ist nicht zu begreifen ohne die Wechselwirkung aller seiner lebenswichtigen Teile in Gegenwart und Vergangenheit. Und ebenso können die wesentlichen Teile als solche gar nicht gedacht werden ohne stete Rücksicht auf ihren Funktionszusammenhang mit dem jeweiligen Ganzen und seiner Vorgeschichte. Endlich 3. gehört zum wissenschaftlichen Entwicklungsbegriff der Gedanke einer als einheitlich bestimmten Richtung für den Gesamtkomplex der Veränderungen. Sie wird bestimmt durch funktionale Beziehungskonstanten und schließlich Gesetze des Geschehens. „Diese Gesetzlichkeit zu ermitteln und immer vollständiger und genauer zu bestimmen, ist eben die entwicklungstheoretische Aufgabe, die alle speziellere Methodik leisten muß, wie weit auch immer wir auf einzelnen Gebieten, z. B. der Entwicklungspsychologie, von haltbaren Lösungen noch entfernt sein mögen." Entwicklungsgeschichte ist für Krueger das Ideal historisch vollständiger Rekonstruktion des wirklich Geschehenen, Entwicklungstheorie das System von gesetzlichen Bedingungen des Geschehens.

So richtig die Abweisung der Teleologie in ihrer älteren Form durch Krueger ist, so verfehlt ist es von ihm, daß er die Richtung der Entwicklung durch Gesetze bestimmt sein läßt. Damit werden die Naturgesetze selbst wieder hypostasiert, zu mystischen Kräften gemacht, während sie doch in Wahrheit nichts anderes sind als kürzeste Formeln des Geschehens, wie es sich auf Grund der vorhandenen Beziehungskonstanten vollzieht. Diese allein sind es, die verhältnismäßigen Eigenschaften und Wirkfähigkeiten der Substanz, welche die Richtung der Entwicklung bestimmen. Wie De Candolle richtig bemerkt: das juristische Gesetz bestimmt die Tatsachen, das wissenschaftliche folgt aus den Tatsachen.

Überblickt man die historische Entwicklung des Entwicklungsgedankens, so erkennt man der Hauptsache nach zwei Entwicklungsbegriffe, die sich antithetisch gegenüberstehen. Innerhalb der ionischen Naturphilosophie herrscht der kausal-mechanische Entwicklungsbegriff uneingeschränkt. Die Welt entwickelt sich, sich selbst, ohne von einer zwecksetzenden Ursache irgendwie dazu bestimmt zu sein. Anaxagoras, vor allem aber Plato und Aristoteles führen die Teleologie in die Entwicklungslehre ein, die während der ganzen christlichen Ära die Herrschaft behielt. Einleitung, Verlauf und Resultat der Entwicklung sind hier von vornherein bestimmt durch ein Ziel, ein Urbild, einen ersten Anreger, ein zielsetzendes und entwicklungsbestimmendes Wesen. Die neuere Philosophie und Naturwissenschaft, die ihren Anfang im Renaissancezeitalter nahmen, legten den Grund wiederum für eine rein kausal-mechanische Auffassung, die ihren reifsten Ausdruck im Darwinismus des neunzehnten Jahrhunderts fand. Die „Geisteswissenschaften", voll bewußt seit Hegel, hielten indessen am teleologischen Entwicklungsbegriff fest. Thesis und Antithesis standen einander gegenüber, scheinbar unversöhnlich. Erst der neuere Monismus gelangte, wie ich schon andeutete, zu einer befriedigenden Synthesis, allerdings erst nach einer zeitgemäßen Veränderung des Teleologie-Gedankens. Die Entwicklung — dies ist die monistische Auffassung — verläuft ohne Bewußtsein rein kausal-mechanisch, solange, bis mit dem sich entwickelnden tierischen und menschlichen Willen ein teleologisches Moment hinzukommt, ein Moment, das sich im Laufe der menschlichen Kulturentwicklung immer mehr verstärkt und die Tendenz zeigt, die Mechanik der Natur völlig in ihren Dienst zu stellen.

Ebenso sucht der Monismus die Synthese verschiedener Entwicklungsbegriffe insofern, als er nicht bloß einseitig die Entwicklung der organischen Individuen oder des Lebens ins Auge faßt, sondern auch die Entwicklung der anorganischen Systeme, sowie die der transzendentalen Gedanken-Systeme. Der Gedanke der Einheit läßt endlich den Monismus alle Einzel-Entwicklung als Teilentwicklung des ganzen Universums betrachten. Entwicklung im letzten, im umfassendsten Sinn ist Kosmogenesis; Entwicklungsgeschichte ist, wie Haeckel sie auffassen lehrte, Geschichte der Substanz.

4. Kapitel.

Kosmogenesis.

Die Entwicklung des Universums.

Kosmos nennen wir seit Pythagoras und neuerdings wieder seit Alexander von Humboldt das Weltall, Universum, τὸ πᾶν, sofern es als ein einheitliches, durch eigene innere Kräfte gesetzmäßig bewegtes und belebtes Ganzes begriffen wird[1]). Dasselbe sagt das Wort „Natur“ in seiner allumfassenden Bedeutung, wie sie in Spinozas „Deus sive natura“, in Goethes „Gott-Natur“, in Haeckels Gleichung zum Ausdruck kommt: „Natur ist alles; alles ist Natur“. In Kants Terminologie bedeutet „Welt“ das mathematische Ganze der Erscheinungen und die Totalität ihrer Synthesis, im großen sowohl als im kleinen, d. i. sowohl in dem Fortschritt derselben durch Zusammensetzung als durch Teilung. Eben dieselbe Welt wird Natur genannt, sofern sie als ein dynamisches Ganzes betrachtet wird, das vermöge eines inneren Prinzips der Kausalität durchgängig zusammenhängt[2]).

Auch der Mensch mit seinem Denken und Fühlen, Wollen und Handeln ist ein Teil und Werk dieses einen einheitlichen Naturganzen, ein relativ geschlossenes und relativ beständiges Teilsystem des unendlichen Systems der Natur, unauslöslich eingewebt in das Ganze, ein verdichteter Punkt im Strome des Geschehens. „Die Menschen sind all in ihr, in der Natur, und sie in allen.“ Die Natur denkt und fühlt, will und handelt in uns, durch uns, wie in anderen ihrer Teilsysteme. „Wer vom Geiste handelt, muß die Natur, wer von der Natur spricht, muß den Geist voraussetzen oder im stillen mitver-

[1]) Alexander von Humboldt, Kosmos. Versuch einer physischen Weltbeschreibung. 1845. — [2]) Kritik der reinen Vernunft, 2. A. 1789, S. 446.

stehen." So mit Goethe gelangen wir zum Ganzen, zum höchsten Begriff der Natur.

Die umfassende Wissenschaft vom Kosmos, soweit er nur immer der menschlichen Erkenntnis zugängig ist, heißt Kosmologie oder Weltlehre im weitesten Sinn; sie ist, wie Haeckel betont, die Wissenschaft überhaupt, da es eine andere Erkenntnisquelle als das Weltall oder die Gesamtnatur nicht gibt. Alle Einzelwissenschaften sind demnach Teile der Kosmologie[3]).

Die Unendlichkeit des Kosmos.

In der umfassenden Bedeutung seines Begriffs ist der Kosmos, die Natur, für uns unendlich, unbegrenzt, insofern, als sich in jedem erreichten oder als erreichbar gedachten Punkt die Frage nach dem „Jenseits" dieses Punktes immer von neuem wieder erhebt. Das „All in seiner empirischen Bedeutung" verlangt eine immerfort wiederholte komparative Erweiterung; in seiner „transzendentalen" Bedeutung, als absolute Totalität aller existierenden Dinge, ist es allerdings eine bloße Idee, die empirisch nicht verifizierbar ist, ihre Berechtigung hat sie indessen auch hier im Sinne eines unendlichen Fortschreitens.

Für Goethe ist wie für Spinoza der Begriff vom Dasein und der Vollkommenheit ein und derselbe. „Wenn wir diesen Begriff so weit verfolgen, als es uns möglich ist, so sagen wir, daß wir uns das Unendliche denken. Das Unendliche aber oder die vollständige Existenz kann von uns nicht gedacht werden. Wir können nur Dinge denken, die entweder beschränkt sind oder die sich unsere Seele beschränkt. Wir haben also insofern einen Begriff vom Unendlichen, als wir uns denken können, daß es eine vollständige Existenz gebe, welche außer der Fassungskraft eines beschränkten Geistes ist"[4]).

Die Idee der Unendlichkeit wurde schon in Indien und im alten Griechenland gedacht. Im Apeiron Anaximanders fand sie ihren ersten begrifflichen Ausdruck. Um die Bewegungen der Himmelskörper zu erklären, nahm Eudoxos von Knidos (408—355) an, daß die Erde von konzentrischen „Sphären" umgeben sei, an denen die Sonne, der Mond, die fünf Planeten und die Fixsterne befestigt seien. Eudoxos

[3]) E. Haeckel, Generelle Morphologie II, 1866, S. 442. — [4]) Goethe, Philosophischer Versuch. 1784. Jubiläums-Ausg. 39, 6.

selbst brauchte zur Durchführung seiner Theorie 27 Sphären, Kallippos berechnete ihre Zahl auf 33, Aristoteles auf 56, Fracastoro im 16. Jahrhundert auf 77. Aristoteles unterschied dabei scharf zwischen der Welt über und unter dem Monde, der himmlischen und irdischen Region, dem Jenseits und Diesseits. Die himmlichen Sphären dachte er sich aus um so reinerem und feinerem Stoff bestehend, je ferner sie der Erde sind. Die Welt selbst ist begrenzt von der äußersten Sphäre, dem Fixsternhimmel (πρῶτος οὐρανός), der von der raumlosen Gottheit umgeben wird, dem ersten Beweger des Alls[5]).

Vielleicht schon von den griechischen Astronomen und Philosophen, ausgesprochenermaßen von den mittelalterlichen „Denkern" wurden die Sphären als feste kristallene Kugelschalen aufgefaßt, die zu durchdringen nur die göttliche Kraft befähigt sei. Die Unrichtigkeit dieser Sphärenlehre bewies zuerst Tycho Brahe durch seine Untersuchungen über die Kometen; diese himmlischen Vaganten kümmerten sich augenscheinlich ganz und gar nicht um die festen Himmelsschalen, durchquerten sie vielmehr in allen Richtungen.

Kopernikus und Kepler hatten den Mittelpunkt des Weltsystems von der Erde in die Sonne verlegt, die geozentrische durch die heliozentrische Weltanschauung ersetzt; dem Gedanken der Unendlichkeit gingen sie nicht weiter nach. Ja, Kepler (1571—1630) „bewies" im Gegenteil die Begrenztheit der Welt: die Harmonie der Welt erfordert, sie als ein Ganzes zu betrachten. Als ein Ganzes kann sie aber nicht unendlich sein, also muß sie begrenzt sein. Ihre Grenze ist die Fixsternsphäre.

Indessen war schon der gelehrte Kardinal Nicolaus von Cusa (1401—1464), der Vorläufer des Kopernikus in der Lehre von der Achsendrehung der Erde, zu der Annahme einer zeitlichen wie räumlichen Unendlichkeit des Universums gelangt. Aber erst in Giordano Bruno (1548—1600) wurde der Unendlichkeitsgedanke zu einer Idee von hinreißender Macht, von umstürzendem Einfluß auf seine und die Weltanschauung der Folgezeit[6]). Begeistert ruft er aus:

---

[5]) Schiaparelli, Le sfere omocentriche di Eudosso. 1876. Deutsch von Hore in den Abhandlungen zur Geschichte der Mathematik. 1877. Dazu Gomperz, Griechische Denker III, 180. — [6]) Vgl. Troels-Lund, Himmelsbild und Weltanschauung im Wandel der Zeiten, 1900. M. Schneidewin, Die Unendlichkeit der Welt nach ihrem Sinn und nach ihrer Bedeutung für die Menschheit, 1900. H. Wernekke, Giordano Brunos Polemik gegen die Aristotelische Kosmologie. Diss. Leipzig 1871.

„Die Schwingen darf ich selbstgewiß entfalten,
Nicht fürcht' ich ein Gewölbe von Kristall,
Wenn ich des Äthers blauen Duft zerteile
Und nun empor zu Sternenwelten eile,
Tief unten lassend diesen Erdenball."

Gegen die Annahme einer Vielheit der Sphären setzt er seine Überzeugung: „Einzig ist der Himmel, der unermeßliche Raum, der allumfassende Äther, in dem sich alles regt und bewegt." Und in diesem unendlichen All sieht Brunos Geist unzählbare Sterne, Weltkugeln, Sonnen, dazu Planeten, die ihre Sonnen in gleicher Weise umkreisen, wie die sieben Planeten unseres Systems. Prophetisch redet er die Wissenschaft an: „Schenke uns die Lehre von der Universalität der irdischen Gesetze auf allen Welten und von der Gleichheit aller kosmischen Stoffe! Vernichte die Theorie vom Weltmittelpunkt der Erde! Zerschmettere die überirdischen Mächte, die die Welt bewegen sollen, und die Schalen der sogenannten Himmelssphären! Öffne uns das Tor, durch welches wir hinausblicken können in die unermeßliche, einheitliche, ohne Unterschied zusammengesetzte Sternenwelt! Zeige uns, daß die anderen Welten ebenso im Äthermeere schwimmen wie die unsere! Erkläre uns, daß die Bewegungen aller Welten aus inneren Kräften hervorgehen, und lehre uns im Lichte solcher Anschauungen mit sicheren Schritten vorwärts schreiten in der Erforschung und Erkenntnis der Natur!" Und seinen Jüngern ruft Giordano Bruno zu: „Seid getrost, die Zeit wird kommen, wo alle sehen werden, was ich sehe!"

Die Zeit kam.

Seit Giordano Bruno war der Unendlichkeitsgedanke ein fester Besitz der Weltanschauung. Kant steht auf ihm in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte des Himmels" (1755), und in der „Kritik der reinen Vernunft" zieht er aus ihm eine bedeutsame Folgerung. Er sagt: „Die Beobachtungen und Berechnungen der Sternkundigen haben uns viel Bewunderungswürdiges gelehrt, aber das Wichtigste ist wohl, daß sie uns den Abgrund der Unwissenheit aufgedeckt haben, den die menschliche Vernunft ohne diese Kenntnisse sich niemals so groß hätte vorstellen können, und worüber das Nachdenken eine große Veränderung in der Bestimmung der Endabsichten unseres Vernunftgebrauchs hervorbringen muß"[7].

[7]) Kritik der reinen Vernunft, 2. A. 1789, S. 603, Anm.

In eben dieser „Kritik der reinen Vernunft" erörtert Kant auch seine „Antinomien der reinen Vernunft", deren erste lautet: Thesis: die Welt hat einen Anfang in der Zeit, und ist dem Raume nach auch in Grenzen eingeschlossen; — Antithesis: die Welt hat keinen Anfang und keine Grenzen im Raume, sondern ist sowohl in Ansehung der Zeit als auch des Raumes unendlich. Beweis: die Größe eines Quanti, das nicht innerhalb gewisser Grenzen jeder Anschauung gegeben ist, kann nur durch die Synthesis der Teile gedacht werden. Um sich die Welt als ein Ganzes zu denken, müßte die sukzessive Synthesis der Teile einer unendlichen Welt als vollendet angesehen werden, was unmöglich ist. Ein unendliches Aggregat wirklicher Dinge kann nicht als ein gegebenes Ganzes, kann nicht als zugleich gegeben angesehen werden. „Folglich" ist die Welt der Ausdehnung im Raume nach nicht unendlich. — „Folglich" befindet sich die Welt in einem leeren Raum, der nicht begrenzt ist. Da nun die Welt ein absolutes Ganzes ist, außer welchem kein Gegenstand der Anschauung und mithin kein Korrelat der Welt angetroffen wird, womit dieselbe im Verhältnis steht, so würde das Verhältnis der Welt zum leeren Raum ein Verhältnis zu keinem Gegenstande sein. Ein solches Verhältnis aber, mithin auch die Begrenzung der Welt durch den leeren Raum, ist nichts; also ist die Welt dem Raume nach gar nicht begrenzt, d. i. sie ist unendlich.

Die Auflösung der Antinomie findet Kant im transzendentalen Idealismus, nach dem alles, was im Raume oder in der Zeit angeschaut wird, mithin alle Gegenstände einer für uns möglichen Erfahrung, nichts als Erscheinungen oder bloße Vorstellungen sind, die außer unserer Vorstellung keine Existenz an sich haben. Die Idee der absoluten Totalität gilt aber nur als eine Bedingung der Dinge an sich selbst, hat folglich, auf Erscheinungen angewendet, gar keinen Sinn. Folglich ist die Welt weder ein an sich unendliches noch ein an sich endliches Ganzes. Im empirischen Regressus der Reihe der Erscheinungen ist sie niemals ganz gegeben, aber als regulatives Prinzip unserer Forschung muß die Forderung gelten, keine Grenze als eine absolut letzte zu betrachten.

Schopenhauer behauptet, die ganze Antinomie Kants sei eine bloße Spiegelfechterei[8]). Nur die Behauptungen der Antithese

[8]) Die Welt als Wille und Vorstellung (Reclam) I, 627 ff.

beruhen, meint er, wirklich auf den Formen unseres Erkenntnisvermögens, d. h., objektiv ausgedrückt, auf den notwendigen, a priori gewissen, allgemeinsten Naturgesetzen. Ihr Beweis allein sei aus objektiven Gründen geführt. „Hingegen haben die Behauptungen und Beweise der Thesen keinen anderen als subjektiven Grund, beruhen ganz allein auf der Schwäche des vernünftelnden Individuums, dessen Einbildungskraft bei einem unendlichen Regressus ermüdet und daher demselben durch willkürliche Voraussetzungen, die sie bestens zu beschönigen sucht, ein Ende macht, und dessen Urteilskraft noch überdies durch früh und fest eingeprägte Vorurteile an dieser Stelle gelähmt ist.“ Die Schwierigkeit, die Welt im Raume als begrenzt zu denken, liegt nach Schopenhauer darin, daß der Raum selbst notwendig unendlich ist, und daher eine begrenzte endliche Welt in ihm, so groß sie auch sei, zu einer unendlich kleinen Größe wird, an welchem Mißverhältnis die Einbildungskraft einen unüberwindlichen Anstoß findet. So hielt es schon Metrodor, der Freund und Schüler Epikurs, für absurd, auf einem weiten Feld nur eine einzige Ähre, im unendlichen Raum nur eine einzige Welt anzunehmen. An die unendliche Zahl der Welten im unendlichen Weltenraum haben die Epikurer immer geglaubt, ähnlich wie Giordano Bruno.

Wundt hält ebenso wie Schopenhauer die Kantischen Antithesen für unwiderleglich. Er legt dar, wie Kant zwei verschiedene Unendlichkeitsbegriffe verwendet und damit allein zu seiner Antinomie kommt. Die Beweise der Thesen stützen sich auf den für alle kosmologischen Fragen unbrauchbaren Begriff einer unendlichen Totalität; die Beweise der Antithesen greifen zu einem wahren regressus in infinitum, welcher niemals gegeben, immer aber als aufgegeben betrachtet werden muß. Die absolute unendliche Totalität — das „Transfinite“ — ist schlechterdings transzendent; das Endlose hingegen — das Infinite — das den Antithesen zugrunde liegt, verträgt sich sehr wohl mit der empirischen Auffassung der Welt, weil es nur einen Fortschritt über eine jede gegebene Grenze, nicht aber das Unendliche selbst als gegeben voraussetzt[9]).

---

[9]) W. Wundt, Kants kosmologische Antinomien und das Problem der Unendlichkeit. Philosophische Studien II, 1885, S. 495. Vgl. auch Wundt, Sinnliche und übersinnliche Welt, 1914, S. 389: Das Unendliche. J. Cohn, Geschichte des Unendlichkeitsproblems I, 1896. J. Bloch, Die Geschichte des Unendlichkeitsbegriffs von Kant bis Cohen, 1907.

Nennen wir das Universum auch nur in diesem letzteren Sinne unendlich, oder noch genauer im Sinne des Unbegrenzten (Indefiniten) und Unmeßbaren (Inkommensurablen), so ist die Beschränkung des Begriffes „Universum" auf die Welt des Milchstraßensystems, die der Astronom Simon Newcomb vornimmt, unzulässig. „Die Ansammlung von Sternen, sagt er, welche wir das Universum nennen, ist in ihrer Ausdehnung begrenzt"[10]. Er muß jedoch selbst hinzufügen: „Das schließt nicht die Möglichkeit aus, daß weit außerhalb unseres Universums andere Ansammlungen von Sternen vorhanden sind, von denen wir nichts wissen." Auch nur diese Möglichkeit verbietet die von Newcomb angenommene Beschränkung des Begriffs „Universum", mehr noch die Wahrscheinlichkeit, daß uns wenigstens in einem Teil der kosmischen Spiralnebel Weltsysteme erscheinen, die außerhalb unseres Milchstraßensystems im unendlichen Raume schweben und unserem System ähnlich und gleichwertig sind. Schon Herschel erklärte den Andromedanebel für eine zweite, ungeheuer weit entfernte Milchstraße. „Für die Spiralnebel hält man auch heute noch an dieser Möglichkeit fest: sie gelten als einzige zulässige Ausnahme von dem Satze, daß alle uns überhaupt sichtbaren Objekte unserem Milchstraßensystem angehören"[11]. Gewisse Nebel sind nach M. Wolf bis zu 50 Millionen Lichtjahren von uns entfernt.

Auch Kant sah in den Nebelflecken andere Weltsysteme in unabsehbaren Entfernungen. Johann Heinrich Lambert, der berühmte Verfasser der „Kosmologischen Briefe" (1861), dachte sich das Universum nach Systemen verschiedenen Grades angeordnet. Das kleinste System wird von einem Planeten mit seinen Trabanten gebildet. Das nächst größere ist ein Sonnensystem, in dem eine Anzahl von Systemen erster Ordnung um ihre Sonne kreisen. Jeder einzelne Stern, den wir sehen, ist eine Sonne, der Zentralkörper eines Systems zweiter Ordnung. Die Sonnen mit ihren Planeten sind zu größeren Gruppen vereinigt, diese zum System der Milchstraße. Gebilde wie der Andromedanebel mögen ebensolche in unendlicher Ferne liegende Systeme vierter Ordnung sein, die in unzähliger Menge noch größere Systeme zusammensetzen, und so fort ins Unendliche.

Die Annahme Lamberts, daß jedes System seinen Zentralkörper

---

[10]) Newcomb-Engelmann, Populäre Astronomie, 4. A. Hgg. von P. Kempf, 1911, S. 649. — [11]) K. Schwarzschild Über das System der Fixsterne, 1916, S. 37; vgl. auch M. Wolf, Die Entfernung der Sterne, 1910.

habe, ist sicher irrig. Nur in unserem Sonnensystem herrscht eine „monarchische Verfassung". Im Milchstraßensystem tritt dafür die republikanische Staatsform ein. „Es mögen in Räumen, bis zu welchen unsere Fernrohre nicht dringen, noch viele Sternsysteme von der Art und Größe des Milchstraßensystems existieren, die sich zu einem Bundesstaat von Sternrepubliken vereinigen, zu einem Ring umeinander kreisender Milchstraßensysteme. Unzählige viele Ringe aus Milchstraßensystemen mögen sich zu einer Einheit nach höherer Ordnung zusammenschließen, und so mögen immer wachsende und wachsende Räder von Sternen und wieder Sternen die ganze unendliche Welt aufbauen. Diese Vorstellung, welche die durch neuere Forschungen gebotene republikanische Umgestaltung der berühmten Lambertschen Idee von der monarchischen Zentralsonne ist, bildet vielleicht die einfachste Art, einen unendlichen Raum über die uns zugänglichen Grenzen hinaus im Anschluß an unsere wirklichen Erfahrungen zu bevölkern"[12]).

Das Milchstraßensystem.

Kehren wir aus der grenzenlosen Unendlichkeit zu unserem Milchstraßensystem zurück, das für uns „unendlich" und wohl auch relativ geschlossen und selbständig genug ist, um als „unser Universum" bezeichnet zu werden. Die Tatsache, daß die Milchstraße die ganze Anordnung der Sterne beherrscht, zeigt von vornherein, daß unsere Sternenwelt etwas Einheitliches ist, daß sie zusammengehört. Die Gestalt dieses Systems ist die einer runden flachen Linse, deren horizontaler Durchmesser etwa doppelt so groß ist als der vertikale. Die Sterne erfüllen dieses System nicht in gleichmäßiger Dichte, sondern drängen sich nach der Mittelebene, der Milchstraßenebene, und nach dem Zentrum des Systems zusammen. Auch die Größe des Systems ist einigermaßen abzuschätzen; sein Längsdurchmesser beträgt etwa 20000 Lichtjahre, sein Querdurchmesser etwa 10000 Lichtjahre. Das heißt: ein Lichtstrahl, der in einer Sekunde 300000 Kilometer durcheilt, braucht 20000 Jahre, um das Milchstraßensystem in seiner größten Ausdehnung zu durchqueren.

Die Zahl der Sonnen in diesem ungeheuren Raume schätzt man auf etwa 1000 Millionen, jede ähnlich unserer Sonne, deren Durchmesser

[12]) K. Schwarzschild (Anm. 11), S. 41.

mehr als hundertmal größer ist als der Durchmesser unserer Erde. Betrachtet man, wie Schwarzschild vorschlägt, die Welt mit einem überirdischen Auge, dem eine Million Kilometer so groß erscheint wie uns ein Millimeter, so sind die Fixsterne lauter Kugeln von 1 mm Durchmesser, Stecknadelköpfe. Die Entfernung dieser Stecknadelköpfe voneinander beträgt durchschnittlich 100 km. „Wenn wir also von der Einheit des Sternsystems sprechen, so sprechen wir von der Zusammengehörigkeit von Stecknadelköpfen, die sich 100 km weit voneinander im Raum befinden“[13]).

Scheinbar ändern die Sterne ihre gegenseitige Lage im Raume nicht; man hat sie ja deswegen auch als „Fixsterne“, feststehende Sterne bezeichnet. Im Jahre 1717 fand Halley bei einer Vergleichung der von Hipparch bestimmten Fixsternörter mit den zu seiner Zeit angestellten Beobachtungen Differenzen, die nur durch eigene Bewegungen der Fixsterne zu erklären waren. William Herschel, der die genauen Beobachtungen Bradleys mit den 40 bis 50 Jahre späteren von Piazzi verglich, konnte die ersten sicheren Werte für die Eigenbewegung der Sterne berechnen. Auf völlig sicheren Boden wurde die Erkenntnis von der Bewegung der Fixsterne, ja auch die Geschwindigkeit ihrer Bewegung, erst durch die Spektralanalyse gestellt.

Wenn sich uns eine Lichtquelle mit großer Geschwindigkeit nähert, so treffen von jeder Lichtsorte in jeder Sekunde mehr Schwingungen unser Auge oder ein Prisma, als wenn die Lichtquelle stillsteht; weniger, wenn sich die Lichtquelle entfernt. Durch die Anzahl der Schwingungen eines homogenen Lichtstrahls ist aber seine Farbe und Brechbarkeit bedingt. Wird im Falle der Annäherung einer Lichtquelle die Anzahl der Schwingungen erhöht, so wird die Spektrallinie, welche einer gewissen Strahlenart entspricht, nach dem violetten Ende des Spektrums verschoben; nach dem roten Ende, wenn die Lichtquelle sich entfernt[14]). Man nennt diesen Satz, der für jede Wellenbewegung, z. B. auch für den Schall und seine Tonhöhe gilt, nach seinem Entdecker das Dopplersche Prinzip (1842). Huggins war der erste, dem die Anwendung des Dopplerschen Prinzips auf die Himmelskörper gelang (1868). Als er die Linie F des Siriusspektrums mit der gleichnamigen Wasserstofflinie einer Geißlerschen Röhre verglich, stellte er eine meßbare Verschiebung der ersteren gegen die letztere nach dem

[13]) Ebenda S. 22; vgl. auch M. Wolf, Die Entfernung der Sterne, 1910. — [14]) Ch. Doppler, Über das farbige Licht der Doppelsterne. Prag 1842.

roten Ende hin fest und berechnete daraus, daß sich der Sirius mit einer Geschwindigkeit von 48 km in der Sekunde von der Erde entfernt[15]. Seitdem sind für eine ganze Anzahl hellerer Fixsterne die Bewegungen und Geschwindigkeiten ermittelt worden; unsere Sonne eilt mit ihren Planeten mit einer Geschwindigkeit von 29 Kilometern in der Sekunde durch den Weltenraum (Kobold).

Je mehr man die Bewegungen der Sterne kennen lernte, um so weniger war eine Gesetzmäßigkeit in ihnen zu entdecken. „Die Astronomen haben schließlich aufgehört, hier nach Harmonie zu suchen und haben statt der Ordnung die absolute Unordnung als Leitprinzip statuiert. Fast alle Arbeiten der letzten Jahrzehnte ruhen auf dem Satz, daß in jedem Teile des Raumes eine Richtung der Sternbewegung ebenso wahrscheinlich ist, im Durchschnitt eben so oft vorkommt, wie jede andere.“ Man pflegte sich die Bewegung der Sterne so vorzustellen, wie die der Moleküle eines Gases, die ohne alle Ordnung durcheinander schwirren[16]. Im Jahre 1904 machte indessen der holländische Astronom Kapteyn bekannt, daß die Eigenbewegungen von 2400 Sternen, die er untersucht hatte, zwei Richtungen bevorzugen. Die Sterne einer jeden dieser beiden „Sterntriften“ haben außer der gemeinschaftlichen Triftbewegung noch regellos verteilte Sonderbewegungen. Man hat eine solche Sterntrift mit einem Schwarm von Fischen verglichen, die beliebig durcheinander schwimmen, gleichzeitig aber alle zusammen von einer Strömung fortgeführt werden[17]. Gegenüber der Annahme Kapteyns, daß die beiden Sterntriften einander durchdringen, glaubt Schwarzschild (1907) eine einzige ungeheure Heerstraße zu sehen, der die Sterne mit Vorliebe folgen, in der sie sich begegnen und wieder aneinander vorbeiziehen, und diese Heerstraße verlaufe parallel einem Durchmesser der Milchstraße[18]. „Was man sich auch unter dieser Erscheinung denken mag, es ist damit ein ganz neuer Rhythmus in unsere Vorstellung vom Sternengebäude gekommen. Wir glauben die Stimme des Gesetzes zu hören, das die große Herde ordnet und die Sterne, ob sie nun rechts oder links gehen mögen, längs einer Straße hält.“

[15]) W. Huggins, Further observations on the spectra of some of the stars and nebulae with an attempt to determine there from whether these bodies are moving towards or from the earth. 1868. — [16]) K. Schwarzschild S. 17. — [17]) Kapteyn, British Association Report 1904. — [18]) K. Schwarzschild, Nachrichten der Kgl. Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen, 1907, S. 27. Dazu die Anm. 12 zitierte Schrift.

Nun ist der holländische Astronom Easton durch seine Untersuchungen über die Milchstraße zu der Ansicht gelangt, daß sie eine spiralige Struktur habe, also aus sehr großer Entfernung gesehen als Spiralnebel erscheinen würde, dessen beide Arme in mehreren Windungen das Zentrum umgeben. Diese Ansicht mit seiner Entdeckung der großen Heerstraße unter den Sternen verbindend, kommt Schwarzschild zu dem Ergebnis: „Vielleicht befinden wir uns nahe der Mitte eines solchen Spiralnebels — eben des Milchstraßensystems — und verspüren in den Bewegungen der Sterne die Nachwirkung der Kraft, die die Arme des Nebels auseinander treibt, und die Sterne, die an uns nach rechts und links vorüberziehen, schreiten hinaus, um den alten Spiralästen der Milchstraße ein neues Stück an der Wurzel hinzuzufügen."

Somit ist die systematische und dynamische Einheit unseres Kosmos mit Wahrscheinlichkeit erwiesen. Seine materielle Einheit wird bestätigt durch die „chemische Kosmographie", die uns durch die Spektralanalyse ermöglicht wird.

Die Spektralanalyse.

Newton untersuchte das Sonnenlicht, indem er es durch runde Öffnungen in seinem Fensterladen auf ein dreikantiges Prisma fallen ließ[19]). Das Prisma zerlegte das scheinbar einfarbige weiße Sonnenlicht und breitete seine Komponenten, die bekannten Regenbogenfarben, nebeneinander aus. Läßt man die dadurch entstehende Farbenreihe auf eine weiße Fläche fallen, so entsteht ein farbig abgestuftes Lichtband, ein Spektrum (1672).

Im Jahre 1802 verbesserte Wollaston die Untersuchungsmethode Newtons, indem er das Sonnenlicht durch einen feinen Spalt fallen ließ. Er erhielt dadurch ein viel reineres Spektrum als Newton, und bemerkte nebenbei sieben dunkle Linien, von denen das Spektrum in verschiedenen Abständen durchzogen war. Diese Linien hielt er für die natürlichen Grenzen der verschiedenen Farben.

Wenige Jahre später ließ Joseph Fraunhofer (1787—1826) in München das Licht durch ein Fernrohr auf das Prisma fallen und fand im Spektrum nicht sieben, sondern „fast unzählig viele" dunkle

---

[19]) Über die Geschichte der Spektralanalyse s. H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie I, 1900.

Linien. Er erkannte, daß die sieben Linien Wollastons keineswegs die Grenzen der verschiedenen Farben bildeten, und überzeugte sich durch viele und mannigfaltige Versuche, „daß die Linien und Streifen in der Natur des Sonnenlichtes liegen, und daß sie nicht durch Beugung, Täuschung usw. entstehen".

Fraunhofer untersuchte auch die Spektren verschiedener Sterne und fand auch darin dunkle Linien, aber von anderer Art als im Spektrum der Sonne. Er verfolgte seine Entdeckungen jedoch nicht weiter, da sie ihn vorwiegend vom Standpunkte des praktischen Optikers interessierten. Man hat ihm zu Ehren die dunklen Linien des Spektrums „Fraunhofersche Linien" genannt.

In den fünfziger Jahren des 19. Jahrhunderts beschäftigte sich der Chemiker Robert Bunsen in Heidelberg mit der Untersuchung von Flammen, die durch verschiedene Salze verschieden gefärbt waren; zunächst nur zu dem Zweck, scheinbar gleichgefärbte Flammen voneinander zu unterscheiden. Sein jüngerer Kollege, der Physiker Gustav Kirchhoff, machte ihn darauf aufmerksam, daß er den angestrebten Zweck wohl am besten erreichen könne, wenn er das Licht der farbigen Flammen durch spektrale Zerlegung in seine Bestandteile auflöse. In gemeinsamer Arbeit führten sie die „chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen" aus, und ihre erste Abhandlung darüber (1860) begann mit den Worten: „Es ist bekannt, daß manche Substanzen die Eigenschaft haben, wenn sie in eine Flamme gebracht werden, in dem Spektrum derselben gewisse helle Linien hervortreten zu lassen. Man kann auf diese Linien eine Methode der qualitativen Analyse gründen, welche das Gebiet der chemischen Reaktionen erheblich erweitert und zur Lösung bisher unzugänglicher Probleme führt . . . Es erscheint unzweifelhaft, daß die hellen Linien der Spektren als sichere Kennzeichen der Anwesenheit der betreffenden Metalle betrachtet werden dürfen. Sie können als Reaktionsmittel dienen, durch welche diese Stoffe schärfer, schneller und in geringeren Mengen sich nachweisen lassen, als durch irgend ein anderes analytisches Hilfsmittel"[20].

Nun hatte schon Fraunhofer gefunden, daß die gelbe Linie, die

---

[20]) G. Kirchhoff und R. Bunsen, Chemische Analyse durch Spektralbeobachtungen. Poggendorfs Annalen der Physik, 110, 1860, S. 161. Mit Bemerkungen neu hgg. von W. Ostwald, in Ostwalds Klassikern der exakten Naturwissenschaften Nr. 72.

in so vielen Flammen auftritt, und die Bunsen auf das Natrium zurückgeführt hatte, mit einer gewissen, mit D bezeichneten Linie des Sonnenspektrums zusammenfällt. Als Kirchhoff gelegentlich seiner Arbeiten mit Bunsen eine mit Natrium gefärbte Flamme vor den Spalt des Spektralapparates brachte, während gleichzeitig Sonnenlicht hineinfiel, erschien die Natriumlinie nicht hell, sondern auffallend dunkel und stark. Vierundzwanzig Stunden später hatte Kirchhoff die im wahrsten Sinne des Wortes weittragende Erklärung für diese Erscheinung gefunden: ein Stoff absorbiert gerade diejenigen Strahlen am stärksten, die er selber aussendet; das Absorptionsspektrum (mit dunklen Linien) entspricht genau dem Emissionsspektrum (mit hellen Linien).

Damit war die Grundlage für die kosmische Anwendung der Spektralanalyse gefunden. Es entstand die kosmische Chemie oder die chemische Kosmographie. 1859 veröffentlichte Kirchhoff seinen berühmten Aufsatz „über die Fraunhoferschen Linien", der die Epoche der kosmischen Spektraluntersuchungen einleitete. Kirchhoff schloß aus seinen Untersuchungen, „daß die dunklen Linien des Sonnenspektrums durch die Anwesenheit derjenigen Stoffe in der glühenden Sonnenatmosphäre entstehen, welche in dem Spektrum einer Flamme helle Linien an derselben Stelle erzeugen. Man darf annehmen, daß die hellen, mit D übereinstimmenden Linien im Spektrum einer Flamme stets von einem Natriumgehalt derselben herrühren; die dunklen Linien D im Sonnenspektrum lassen daher schließen, daß in der Sonnenatmosphäre Natrium sich befindet usw."[21]).

Mit Hilfe dieser Methode konnte nun die chemisch-physikalische Natur der Himmelskörper untersucht und bestimmt werden auf Grund folgender Erfahrungssätze:

1. Ein glühender fester oder flüssiger Körper gibt ein kontinuierliches Spektrum, d. h. ein einfaches Farbenband ohne Linien.

2. Ein glühendes Gas gibt ein diskontinuierliches Spektrum, das bloß aus hellen farbigen Linien besteht. Die Farbe der Linien — ihre Stellung im gedachten kontinuierlichen Spektrum — und ihre Zahl ist von der spezifischen Natur des Gases abhängig.

3. Enthält das bunte Band des Spektrums dunkle Linien, so entstammt das Licht einem glühenden festen oder flüssigen Körper

[21]) Vgl. auch G. Kirchhoff, Zur Geschichte der Spektral-Analyse und der Analyse der Sonnen-Atmosphäre. Annalen der Physik 118, 1863, S. 94.

und mußte durch ein Gas hindurchgehen, das kühler ist als der Körper selbst. Lage und Zahl der Linien zeigen die Natur des Gases an. Das Emissionsspektrum des Gases ist zu einem Absorptionsspektrum geworden.

Noch im Jahre 1830 hatte Auguste Comte in seinem „Cours de philosophie positive“ erklärt: „Wir werden niemals in der Lage sein, die chemische Zusammensetzung der Himmelskörper zu studieren. Unsere positive Kenntnis in Bezug auf dieselben wird nur auf geometrische und mechanische Phänomene beschränkt sein. Es wird unmöglich sein, auf irgendwelche Weise Untersuchungen über ihre physikalischen, chemischen und anderweitigen Eigenschaften mit in den Kreis der Betrachtungen zu ziehen“[22]).

Dreissig Jahre später war dies „Ignorabimus“ erledigt.

Die Einheit der kosmischen Materie.

Ein um das Jahr 467 bei Ägospotamoi niedergegangener Meteorstein lieferte dem griechischen Philosophen Anaxagoras den Beweis, daß die Himmelskörper in ihrer stofflichen Zusammensetzung der Erde ähnlich sein müßten. Der Induktionsschluß dieses kühnen Denkers ist — nach mehr als zwei Jahrtausenden — durch die Wissenschaft vollkommen bestätigt worden. Die chemische Untersuchung der Meteoriten, die seit Chladnis epochemachender Schrift „über den Ursprung der von Pallas gefundenen und anderer Eisenmassen“ (1794) vielfach und mit größter Sorgfalt vorgenommen wurde, hat in ihnen kein Element gefunden, das der Erde fremd wäre. Auch die Mischungsverhältnisse, die auf der Erde die verschiedenen kristallinischen Gesteine darbieten, sind in vielen Meteoriten genau die gleichen, während andere wieder wesentlich abweichen. Die erste Tatsache liefert einen Beweis für die elementare Gleichartigkeit der Weltmaterie, die zweite dafür, daß die Meteoriten tatsächlich ihren Ursprung außerhalb der Erde haben, ferner aber auch dafür, daß die Verbindung der Elemente zu komplizierteren Körpern und wohl auch die Erhaltung der Verbindungen abhängig ist von den kosmischen Umgebungsbedingungen. Andererseits beweisen die gleichen Verbindungen die kosmische Gleichartigkeit der chemischen Gesetze. Nickel findet sich in den Meteoriten in einem hohen Prozentsatz und in einem

[22]) Zit. von E. Freundlich, Die Bedeutung der Spektroskopie für die Stellar-Astronomie. Die Naturwissenschaften III, 1915, S. 410.

kristallinischen Gefüge, das kein der Erde angehörendes Gestein aufweist. Es ist jedoch Benedicks in Upsala gelungen, eine Eisen-Nickel-Legierung herzustellen, welche dieselbe kristallinische Struktur aufweist wie das Nickeleisen der Meteoriten — „ein sprechender Beweis für die gleichartige Gültigkeit der geheimsten Kräfte der Natur, welche die Kristalle bauen"[23]).

Viel weiter noch aber reicht der spektralanalytische Beweis für die Einheit der kosmischen Materie. Die Entfernung der Lichtquelle spielt dabei keine Rolle; es ist gleich, ob sich der glühende Körper unmittelbar vor dem Spalt des Spektroskops befindet oder in den unermeßlichen Weiten des Weltraums. Die ungeheure Entfernung macht jedoch das Licht auch der hellsten Sterne so schwach, daß in ihren Spektren direkt nur das gröbste Detail erkannt werden kann. Erst die Anwendung der Photographie in der Spektroskopie ermöglichte die Untersuchung auch der feineren Einzelheiten. Die photographische Platte hat die Fähigkeit, auch die schwächsten Lichteindrücke, wenn sie nur lange genug einwirken, zu summieren; dadurch macht sie die Spektren auch schwach leuchtender Sterne der Beobachtung zugänglich, so daß ihr chemisch-physikalischer Charakter genau studiert werden kann. Kurz: „Die Frage, ob nicht etwa die Sicherheit des Nachweises irdischer Elemente in fernen Weltkörpern nur eine sehr geringe sei, ist ganz entschieden zu verneinen"[24]). Die glänzendste Probe für die Zuverlässigkeit der spektroskopischen Methode lieferte die Entdeckungsgeschichte des Heliums. Im Jahre 1868 beobachteten Janssen und Lockyer im Spektrum der Sonnenatmosphäre eine helle gelbe Linie, die in den Spektren der auf der Erde vorhandenen und untersuchten Stoffe noch nicht angetroffen worden war und auch nicht gefunden werden konnte. Lockyer nahm an, daß sie von einem neuen Element herrühre, und er gab diesem Element den Namen Helium. In der Folge wurde das Helium auch im Spektrum vieler anderer Sterne aufgefunden. Für das Vorkommen dieses Elements auf der Erde fand sich kein Anzeichen bis zum Jahre 1882; da fand Palmieri die Helium-Linie bei der Untersuchung eines lavaähnlichen Auswürflings des Vesuvs. Aber erst im Jahre 1895 stellten Ramsay und unabhängig von ihm Cleve das Helium als einen Bestandteil

[23]) Vgl. Newcomb-Engelmanns Populäre Astronomie, 4. A. 1911, S. 459; W. Meyer, Das Weltgebäude, 2. A. 1908, S. 251. — [24]) Newcomb-Engelmann, S. 261 u. 222.

des Minerals Cleveit fest, eines durch Wasseraufnahme veränderten Uranpecherzes (Pechblende). Auch die irdische Luft enthält es in geringer Menge.[25])

Das Ergebnis einer mehr als fünfzigjährigen mühevollen Arbeit auf dem Gebiete der kosmischen Spektroskopie ist, daß in Wahrheit von einer kosmischen Einheit der Materie gesprochen werden kann. Das Spektrum der Sonne, zahlreicher Fixsterne, der neuen Sterne, der Nebel und Kometen wurde untersucht, und überall wurden Elemente gefunden, die auch auf der Erde angetroffen werden. Freilich sind ebenso im Spektrum der Sonne wie in dem der übrigen Fixsterne zahlreiche Linien vorhanden, die bisher noch nicht mit Linien irdischer Stoffe identifiziert werden konnten; sie entsprechen neuen Elementen oder unbekannten Zuständen bekannter Elemente. Aber einerseits hat man auch auf der Erde immer wieder neue Elemente entdeckt, die zuweilen, wie im Falle des Heliums, schon von den Weltkörpern her bekannt waren, andererseits ist bekannt, daß ein Element oder eine Verbindung unter verschiedenen Bedingungen (Temperatur, Druck) verschiedene Spektren erzeugt. Das Spektrum des Kohlenoxyds im Schweife der Kometen ist z. B. ein anderes als das gewöhnliche Spektrum derselben Substanz; aber es ist gelungen, experimentell einen Zustand des Kohlenoxyds zu erzeugen, der dem im Schweife der Kometen entspricht. Die Annahme, daß man mit der Zeit auch die noch nicht identifizierten Linien der Sternspektren auf irdische Elemente wird zurückführen können, ist somit gut begründet. „Man hat bisher keinen Grund, die Einheit der chemischen Konstitution der Materie im Weltraum zu bezweifeln“[26]).

Zur systematischen und materiellen Einheit gesellt sich endlich auch noch die energetische Einheit des Kosmos, die Newton aussprach in dem weltbeherrschenden Gravitations-Gesetz: „Jeder Stoffteil im Universum zieht jeden andern Stoffteil an mit einer Kraft, die sich umgekehrt verhält wie das Quadrat der Entfernung beider und ebenso wie das Produkt der Massen beider Teile.“ Dieses Gesetz beherrscht den Fall eines Apfels auf der Erde ebenso wie die Bewegung

---

[25]) Vgl. Mugdan, Argon und Helium, 1896. — [26]) Newcomb-Engelmann, 1911, S. 521. Vgl. auch Huggins, Ergebnisse der Spektral-Analyse in Anwendung auf die Himmelskörper. Deutsch mit Zusätzen von Klinkerfues, 3. A. 1873; A. Fowler, The chemical unity of the Cosmos. Scientia. Internat. Zeitschrift für wissenschaftl. Synthese X, 1911, S. 241.

des Mondes um die Erde; nach ihm bestimmen sich die Bahnen der Planeten um die Sonne ebenso wie die Bahnen der Doppelsterne in den fernsten Weltenräumen. Die Gravitation ist die Kraft, die das Universum zu einer mechanischen Einheit verbindet, seine unendlich mannigfaltigen und komplizierten Bewegungen zu einer „Mécanique céleste"[27]. Und da die Verhältnisse auf der Erde in keinem andern Falle wesentlich verschieden sind von denen der übrigen Himmelskörper, dürfen wir als sicher annehmen, daß auch die übrigen Energien überall im Weltraum resp. auf den Weltkörpern dieselben sind wie auf unserer Erde, und daß sie nach denselben Gesetzen wirken. Von den chemischen Energien wissen wir dies mit Sicherheit aus den chemischen Verbindungen der Meteoriten, die denselben Gesetzen folgen wie die chemischen Verbindungen auf der Erde (S. 125).

Die Kosmologie ist die Wissenschaft von der Allnatur, deren Wahrheiten „nicht bloß durch Analogien erraten, sondern durch Beobachtung bewiesen sind und die gelten, wohin nur immer das Licht dringen kann und wo nur immer die Herrschaft der Schwerkraft wirksam ist; eine Wissenschaft, durch welche die Natur der Gestirne auf der Erde studiert und die Natur der Erde besser erkannt werden kann durch das Studium der Sterne. Mit einem Wort: eine Wissenschaft, die einzig und universal ist oder zu sein strebt, wie die Natur selbst — das sichtbare Bild der unsichtbaren höchsten Einheit — einzig und universal ist"[28].

Glänzend hat die Wissenschaft erfüllt, was Giordano Bruno von ihr erwartet hatte.

Universum perpetuum mobile.

Nach der Schöpfungslehre im strengsten Sinn hat Gott die Welt, so wie sie ist, in einem Nu erschaffen. Eine gemäßigte Schöpfungslehre läßt durch die Schöpfung nur die „prima materia" der Scholastik, die erste, noch ungeformte und undifferenzierte Materie entstehen, die sich nachher, von selbst oder unter ständiger Assistenz Gottes, zur Mannig-

---

[27]) Vgl. Newton, Philosophiae naturalis principia mathematica, London 1687; deutsch von Wolfers 1872; Laplace, Mécanique céleste, 5 Bde., Paris 1799 bis 1825. Eine populäre Bearbeitung derselben enthält Laplaces „Exposition du système du monde, Paris 1796; Deutsch Frankfurt 1797. — [28]) A. M. Clerke, Geschichte der Astronomie während des 19. Jahrhunderts. Deutsch von H. Maser, 1889, S. 188.

faltigkeit der Welt entwickelt. In jedem Fall entsteht die Materie des Weltalls aus nichts, und der Wille Gottes kann sie auch wieder spurlos, restlos in nichts verschwinden lassen.

Der Glaube an ein Entstehen aus nichts und ein Vergehen in nichts war auch im alten Griechenland verbreitet (vgl. S. 38). Ihm gegenüber erklären die naturalistischen Philosophen, am schärfsten Demokrit: „Nichts, was ist, entsteht aus nichts, und nichts kann zu nichts werden". Damit war der Grundsatz von der Erhaltung der Materie (der Substanz der Welt) deutlich ausgesprochen. Eine plausible Erklärung für das scheinbare Entstehen und Vergehen aus dem Nichts und in nichts fanden die Atomistiker in ihrer Lehre von den unwahrnehmbar kleinen Teilchen der Materie, durch deren Verbindung wahrnehmbare Körper sich bilden, wie diese durch die Trennung ihrer „Atome" sich scheinbar in nichts auflösen. Die Atome wurden als ewig und unzerstörbar angenommen.

Kant findet, daß zu allen Zeiten nicht bloß der Philosoph, sondern selbst der gemeine Verstand die Beharrlichkeit der Substanz (der Materie) vorausgesetzt haben, deren Grundsatz er ausspricht in der Formel: Bei allem Wechsel der Erscheinungen beharrt die Substanz, und das Quantum derselben wird in der Natur weder vermehrt noch vermindert[29]). Alles Dasein und aller Wechsel in der Zeit kann nur als ein Modus der Existenz dessen, was bleibt und beharrt, angesehen werden. Ähnlich hatte Spinoza (1632—1777) die Substanz definiert als das, was in sich ist und durch sich begriffen werden muß, oder etwas, dessen Wesen bloß in der Existenz besteht; alle Dinge sind modi der Substanz, die Substanz in einem besonderen, bestimmten, beschränkten Sein. Während Descartes noch zwei verschiedene Arten von Substanz unterschieden hatte, die denkende und die ausgedehnte Substanz, Geist und Materie, gibt es für Spinoza nur eine, einheitliche, unendliche und ewige Substanz, die sich selbst in unendlich verschiedener Weise aufzufassen vermag. Für den Modus Mensch ist sie „Geist" und „Materie", zwei Bezeichnungen, die ganz dasselbe bezeichnen. Die Veränderungen des „Soseins", der Modi, berührt nicht das Dasein überhaupt, die Substanz[30]).

Wie Kant, so identifiziert auch Schopenhauer die beiden Be-

[29]) Kritik der reinen Vernunft, 2. A. 1789, S. 224ff. — [30]) Vgl. Spinozas Ethik. Deutsch von C. Vogl. Króners Volksausgabe.

griffe Substanz und Materie[31]). Der Satz von der Beharrlichkeit der Substanz sei über allen Zweifel erhaben, könne daher nicht aus der Erfahrung geschöpft sein. Er sei davon abzuleiten, daß das Prinzip alles Werdens und Vergehens, das Gesetz der Kausalität, dessen wir uns a priori bewußt seien, ganz wesentlich nur die Veränderungen, d. h. die sukzessiven Zustände der Materie betreffe, also auf die Form beschränkt sei, die Materie aber unangetastet lasse, welche daher in unserm Bewußtsein als die keinem Werden und Vergehen unterworfene, mithin immer gewesene und immer bleibende Grundlage aller Dinge bestehe. Die Materie ist unentstanden und unvergänglich, also wirklich unabhängig und „quod per se est et per se concipitur"; aus ihrem Schoß geht alles hervor und alles in ihn zurück.

Kants wie Schopenhauers Erörterungen des Substanzproblems muten einigermaßen scholastisch an. Denn wenn man die Substanz erst als das Beharrliche definiert, so folgt natürlich daraus, daß die Substanz beharrlich ist. Kant bemerkt deshalb auch sehr richtig: „In der Tat ist der Satz: daß die Substanz beharrlich sei, tautologisch".

In Wahrheit hat der gemeine Verstand zu aller Zeit angenommen, und er tut es ohne Belehrung noch heute, daß manches aus nichts entstehen und in nichts vergehen könne, und auch für die Wissenschaft bedurfte es erst eines Lavoisier (1743—1794), um die Erhaltung der Materie in allem Wechsel ihrer Zustände als sicher nachzuweisen. Unbewußt ist dieser Grundsatz der modernen Naturforschung schon vor Lavoisier empfunden und von einigen auch ausgesprochen worden, am schärfsten von Lomonossow (1712—1765); aber erst Lavoisier wandte konsequent die Wage an, um die Erhaltung der Materie bei allen chemischen Vorgängen zu beweisen. Gegenüber der vorwissenschaftlichen Denkweise konstatiert er in seinem berühmten „Traité de Chimie" (1789): „Nichts entsteht aus nichts, weder in den Werken der Kunst, noch in den Vorgängen der Natur, und man kann als Grundsatz aufstellen, daß in allen Vorgängen eine gleiche Menge von Materie vor wie nachher vorhanden ist, daß die Qualität und Quantität der Elemente dieselbe bleibt, daß alle Vorgänge nur Veränderungen, Modifikationen sind. Auf diesem Prinzip beruht alle Kunst des Experimentierens in der Chemie".

Durch spätere sehr genaue Arbeiten von Berzelius, Stas, Landolt

---

[31]) Die Welt als Wille und Vorstellung (Reclam), S. 601 f. u. 616.

u. a. wurde das Gesetz von der Erhaltung der Materie vollkommen sichergestellt. „Man darf behaupten, daß die Genauigkeit, die namentlich von Stas bei seinen Versuchen und in der Folge bei neueren derartigen Arbeiten von anderen Forschern erreicht worden ist, so groß ist, daß das Gesetz von der Konstanz der Masse als eines der sichersten Naturgesetze betrachtet werden muß, die wir kennen“[32]). Damit hat aber auch die Annahme einer Ewigkeit des Weltprozesses seine sichere Grundlage gewonnen.

Wie die Materie, so unterlag auch ihr gesetzmäßiges Verhalten, ihre Kraftäußerung, zunächst der theologischen Beurteilung. Noch in den Prinzipien der Philosophie von Descartes (1644) heißt es: „Die allgemeine Ursache der Bewegung kann offenbar keine andere sein, als Gott, welcher die Materie zugleich mit der Bewegung und Ruhe im Anfang erschaffen hat, und der durch seinen persönlichen Beistand so viel Bewegung und Ruhe im ganzen erhält, als er damals erschaffen hat. Denn wenn auch diese Bewegung nur ein Zustand an der bewegten Materie ist, so bildet sie doch eine feste und bestimmte Menge, die sehr wohl in der ganzen Welt zusammen die gleiche bleiben kann, wenn sie sich auch bei den einzelnen Teilen verändert“.

Bis zum Ende des 18. Jahrhunderts war man allgemein geneigt, in den physikalischen Gesetzen, den konstanten Wirkungsweisen der Materie in ihren verschiedenen Modifikationen, eine besondere Anordnung des Schöpfers zu sehen. Nur ganz allmählich trat eine Umbildung der Ansichten ein, die dahin ging, die Physik von der Theologie zu reinigen. Bei Descartes und Leibniz sind beide noch vielfach vermengt; später sondert man sie derart, daß das Theologische an den Anfang oder das Ende der physikalischen Versuche verlegt, womöglich auf den Schöpfungsakt konzentriert wird, um dann Raum zu gewinnen für das bloß Physikalische. Die Wendung zur theologiefreien Physik erfolgte gegen das Ende des 18. Jahrhunderts. Lagrange (1736—1813) hatte schon in einer Jugendarbeit versucht, die ganze Mechanik auf das Eulersche Prinzip der kleinsten Wirkung zu gründen. Bei der Neubearbeitung desselben Gegenstandes erklärt er ausdrücklich, er wolle von allen theologischen und metaphysischen Spekulationen gänzlich absehen, sie gehörten nicht in die Wissenschaft. Er führte den Neubau der Mechanik auf rein physikalischen Grundlagen auf, und

[32]) The Svedberg, Die Materie. Deutsch von H. Finkelstein, 1914, S. 81.

alle späteren bedeutenden Naturforscher haben sich der Auffassung von Lagrange angeschlossen[33]).

Der Satz des Cartesius enthielt jedoch die Ahnung eines Naturgesetzes, das in seiner grundlegenden Bedeutung dem Gesetz von der Erhaltung der Materie gleichwertig ist. Erkannt und ausgesprochen wurde dieses Gesetz, das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, erst im Jahre 1842 durch Robert Mayer (1814—1878), zunächst in der Form, daß er das mechanische Äquivalent der Wärme, den genau bestimmten ursächlichen Zusammenhang von Bewegung und Wärme entdeckte. Die ältere Mechanik hatte angenommen, daß Bewegung, z. B. durch Reibung, verschwinden könne, ohne irgend eine Spur zu hinterlassen. Robert Mayer zeigte, daß dies durchaus nicht der Fall ist, daß vielmehr durch Bewegung Wärme entsteht. Wasser erfährt durch starkes Schütteln eine Temperaturerhöhung. „Ist es nun ausgemacht, daß für die verschwindende Bewegung in vielen Fällen (exceptio confirmat regulam) keine andere Wirkung gefunden werden kann, als die Wärme, für die entstandene Wärme keine andere Ursache als die Bewegung, so ziehen wir die Annahme, Wärme entstehe aus Bewegung, der Annahme einer Ursache ohne Wirkung und einer Wirkung ohne Ursache vor, wie der Chemiker, statt H und O ohne Nachfrage verschwinden und Wasser auf unerklärte Weise entstehen zu lassen, einen Zusammenhang zwischen H und O einer- und Wasser andererseits statuiert“[34]).

Auf den weitesten Umfang brachte Robert Mayer seine neue Erkenntnis in einer Abhandlung über „die organische Bewegung in ihrem Zusammenhange mit dem Stoffwechsel“ (1845). Hier bezeichnet er als die einzige Aufgabe der Physik: die Kraft in ihren verschiedenen Formen kennen zu lernen, die Bedingungen ihrer Metamorphosen zu erforschen. „Die Erschaffung oder die Vernichtung einer Kraft liegt außer dem Bereiche menschlichen Denkens und Wirkens“. Dahingegen läßt sich „a priori beweisen und durch die Erfahrung überall bestätigen, daß die verschiedenen Kräfte sich ineinander verwandeln lassen. Es gibt in Wahrheit nur eine einzige Kraft. In ewigem Wechsel

[33]) Mach, Die Mechanik in ihrer Entwicklung, historisch-kritisch dargestellt. 3. A. 1897, S. 439ff. — [34]) R. Mayer, Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten Natur. Annalen der Chemie u. Pharmacie XLII, 1842, S. 233ff. — Diese u. andere Abhandlungen Mayers hat A. Neuburger in „Vogtländers Quellenbücher“ Nr. 12 gesammelt herausgegeben. Über R. Mayer vgl. E. Dühring, R. Mayer, Der Galilei des 19. Jahrhunderts. 1880 u. 1895.

kreist dieselbe in der toten wie in der lebenden Natur. Dort und hier kein Vorgang ohne Formveränderung der Kraft".

Das allgemeinste Resultat seiner Untersuchungen faßt Robert Mayer in den Satz: „Bei allen physikalischen und chemischen Vorgängen bleibt die gegebene Kraft eine konstante Größe".

Unabhängig von Robert Mayer wurde dieses Gesetz von James Prescott Joule und Hermann Helmholtz entdeckt und theoretisch wie experimentell verifiziert. Das Prinzip von der Erhaltung der Kraft formuliert Helmholtz in dem Satz: „Daß das Naturganze einen Vorrat wirkungsfähiger Kraft besitzt, welcher in keiner Weise weder vermehrt noch vermindert werden kann, daß also die Quantität der wirkungsfähigen Kraft in der unorganischen Natur ebenso unveränderlich ist, wie die Quantität der Materie"[35].

Helmholtz scheint hier die Geltung des Gesetzes noch auf die unorganische Natur zu beschränken. Aber schon Robert Mayer hatte seine Gültigkeit auch für die gesamten Lebensprozesse angenommen und als „axiomatische Wahrheit" ausgesprochen, „daß während des Lebensprozesses nur eine Umwandlung, so wie der Materie, so der Kraft, niemals aber eine Erschaffung der einen oder der anderen vor sich gehe" (1845). Er weist damit scharf die hypothetische Annahme einer „Lebenskraft" zurück, durch die jede weitere Forschung abgeschnitten und die Anwendung der Gesetze exakter Wissenschaften auf die Lehre von den Lebenserscheinungen unmöglich gemacht würde; ihre Annahme führe in das Chaos ungezügelter Phantasiespiele. Durch spätere Untersuchungen, namentlich Rubners, wurde die Auffassung Robert Mayers experimentell als vollkommen zutreffend erwiesen: das Gesetz von der Erhaltung der Kraft besitzt ebenso wie das Gesetz von der Erhaltung der Materie universelle Geltung im gesamten Naturbereich[36].

Materie und Kraft sind beides Abstraktionen, die nur begrifflich voneinander getrennt werden können; in Wirklichkeit gibt es keine Materie ohne Kraft und keine Kraft ohne Materie[37]. Beides in den einen Begriff der Substanz zusammenfassend, kommt Haeckel (1892) zur Vereinigung der beiden Erhaltungsgesetze in dem Gesetz von der Erhaltung der Substanz, dem kosmologischen Grundgesetz,

[35]) H. Helmholtz, Über die Wechselwirkung der Naturkräfte, 1854. Über die Erhaltung der Kraft, 1847 Neue Ausgabe in Ostwalds Klassikern, Nr. 1. — [36]) Vgl. S. 24, Anm. 38. — [37]) Vgl. die Erörterungen darüber bei Helmholtz, 1847.

dem „§ 1 unserer monistischen Religion", mit dem alle Formen des Schöpfungsglaubens unvereinbar sind[38]). „In alle Ewigkeit war, ist und bleibt das unendliche Universum dem Substanzgesetz unterworfen."

Der Schöpfungsglaube schöpfte jedoch neue Nahrung aus einer zweiten wichtigen Erkenntnis der neueren Physik.

Den von Robert Mayer erkannten Satz von der Äquivalenz von Wärme und Bewegung (oder „Arbeit" im weiteren Sinn) bezeichnet man als den ersten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie. Im Jahre 1824 wies der französische Physiker Sadi Carnot nach, daß die Wärme nur dann Arbeit leisten kann, wenn sie von einem wärmeren auf einen kälteren Körper übergeht[39]). Er verglich die mechanische Leistung der Wärme mit derjenigen des Wassers, das ebenfalls nur Arbeit leistet, wenn es von einem höheren zu einem tieferen Niveau herabsinkt. Er nahm aber an, daß die Wärme ebenso wie das Wasser unvermindert zu dem tieferen Niveau gelangt. Rudolf Clausius zeigte jedoch 1850, daß nur ein Teil der Wärme die ihm äquivalente Arbeitsmenge erzeugt, der andere Teil jedoch, als „entwertete Energie", die keine Arbeit leistet, in den kälteren Körper übergeht, und er stellte als zweiten Hauptsatz der mechanischen Wärmetheorie den Satz auf, daß Wärme niemals von selbst, d. h. ohne einen entsprechenden Aufwand anderweitiger Kraft, aus einem kälteren in einen wärmeren Körper übergehen kann[40]). Indem William Thomson (1851) diese Erkenntnis auf das Weltall übertrug, kam er zu der Schlußfolgerung, daß schließlich alle Kraftformen in Wärme übergehen müssen, und diese ihre Temperaturdifferenzen ausgleichen müsse; dann hat die „Entropie", die Entwertung der Energie, ihr Maximum erreicht, jede Bewegung hört auf, der Tod des Universums ist eingetreten[41]).

Steht aber der Welt dieses Ende bevor, so muß sie auch einen Anfang gehabt haben, der durch ein Minimum der Entropie, ein Maximum der wirkfähigen Kraft bezeichnet wird; und zwar muß dieser Anfang in einer

[38]) E. Haeckel, Der Monismus als Band zwischen Religion und Wissenschaft, 1892; Die Welträtsel. 1899, 12. Kapitel. — [39]) Réflexions sur la puissance motrice du feu et sur les machines propres a développer cette puissance. Paris 1824. Deutsch von W. Ostwald, 1892. — [40]) Über die bewegende Kraft der Wärme u. die Gesetze, welche sich daraus für die Wärme selbst ableiten lassen. Poggendorff Annalen der Physik, 1850. Neu hgg. von M. Planck in Ostwalds Klassikern Nr. 99. — [41]) W. Thomson im Philosophical Magazine, 4th. Serie, Vol. IV, 1852, S. 304. Vgl. auch F. Auerbach, Die Weltherrin und ihr Schatten, 1902.

endlichen Zeitspanne vor unserer Gegenwart gesucht werden; denn bestünde die Welt seit unendlich langer Zeit, so müßte der Umwandlungsprozeß schon längst abgelaufen, das Maximum der Entropie schon längst erreicht sein. Aus einem Maximum der Entropie kann sich die Welt nicht von selbst zu einem Maximum der wirkfähigen Kraft erheben, also muß in jedem Falle dieser Zustand durch eine außerweltliche Potenz gesetzt worden sein, durch einen Gott.

Theologiefreie Naturwissenschaft hat auch hier versucht (und muß es ihrem Wesen entsprechend in jedem Falle tun), ohne die Hypothese „Gott" auszukommen und eine wissenschaftliche Lösung des Problems wenigstens anzubahnen[42]). William Rankine nahm an, daß an der Grenze des von Äther erfüllten Weltenraums, hinter dem sich ein absolut leerer Raum befinde, die strahlende Wärme vollständig zurückgeworfen würde. Reuschle wies darauf hin, daß durch das Zusammenstürzen von Sonnen die gebundenen Kräfte immer von neuem wieder entfesselt werden können. Die Folgerung Thomsons gilt im übrigen nur für den Fall eines geschlossenen Systems; „unser" Weltall, das Milchstraßensystem, kann aber nur in ganz relativem Sinne als geschlossenes System gelten, und auf das unendliche Weltall kann der Begriff des Geschlossenseins nicht angewendet werden. Herbert Spencer hat aber in seinen „Grundprinzipien" überzeugend dargelegt, daß selbst für ein geschlossenes Universum der Schluß unerlaubt wäre, es müsse, einmal zur Ruhe gekommen, auch unendliche Zeit in Ruhe bleiben. Man könne annehmen, daß der gegenwärtige Zustand mit dem Ende einer früheren Entwicklung begonnen habe und das Ende der gegenwärtigen Entwicklung zugleich den Anfang einer neuen bezeichne. Ähnlich einem elastischen Körper, der, in die Höhe geworfen, allmählich den Gipfel seiner Bahn erreicht, dort eine Geschwindigkeit gleich Null hat, einen Moment still steht, dann wieder herabfällt, um wieder aufzusteigen, sobald er den Erdboden berührt, ähnlich einem solchen Körper würde die Welt ungeheuren Wellenbewegungen unter-

[42]) Vgl. O. Caspari, Die Thomsonsche Hypothese von der endlichen Temperaturausgleichung im Weltall, 1874; W. Rankine, Miscellaneous papers, 1880; Reuschle, Die Nichtigkeit der Thomsonschen Lehre von dem endlichen allgemeinen Stillstand der Welt. Ausland, 45. Jahrg. 1872, Nr. 15, S. 337; H. Spencer, Grundsätze einer synthetischen Auffassung der Dinge. Deutsch von J. V. Carus. 2. A. 1901, Kap. 23; L. Poincaré, Die moderne Physik. Deutsch von Brahn 1908, S. 62f. u. S. 66; E. Haeckel, Welträtsel, 1899, Kap. 13.

worfen sein, die zwischen einem Maximum und einem Minimum der Entropie hin und her gingen. Diese Auffassung stimmt, wie L. Poincaré hervorhebt, mit derjenigen vieler Physiker überein, welche annehmen, daß man bei genügend langer Beobachtung die verschiedenen Zustände wiederkehren sehen kann, wenn eine Gasmasse eine Reihe von Veränderungen durchgemacht hat.

Die Anwendbarkeit des Entropiegesetzes scheint ferner unzulässig zu sein bei einer gewissen Komplexität des Systems, so im Falle der „Brownschen Molekularbewegung". Hier scheint die Bewegung kleinster in einer Flüssigkeit suspendierter Teilchen von allen Temperaturdifferenzen unabhängig zu entstehen und sich ins Unendliche zu erhalten. Aber auch die neuere Kosmologie gelangt zu einer Ablehnung des „Weltentodes" als einer Konsequenz des Entropiegesetzes, und zur Annahme einer Unendlichkeit des Weltprozesses. „Nebel gebären Sterne, Sterne verwandeln sich teilweise zu Nebeln. Die Entwicklung ist nicht einseitig. Wenn sie das wäre, z. B. keine neuen Nebel aus Sternen entstünden, so würden in der Unendlichkeit der Zeit alle Nebel verschwunden sein, ebenso wäre, wenn die Entwicklung in thermischer Hinsicht einseitig wäre, der Clausiussche Wärmetod längst eingetreten." Weltsysteme lösen sich auf und aus ihrer Materie bilden sich immer wieder neue Weltsysteme[43]).

In Lebensfluten, im Tatensturm
wall' ich auf und ab,
webe hin und her!
Geburt und Grab,
ein ewiges Meer,
ein wechselnd Weben,
ein glühend Leben.

Universum perpetuum mobile! Diese treffende Formel Ernst Haeckels (1899) drückt physikalisch dasselbe aus wie jene hochpoetischen Verse seines pantheistischen Ahnherrn Goethe; dasselbe wie das Kantische Wort: „Die Materie ist sich selber eine Quelle des Lebens"; dasselbe wie das „ewig lebendige Feuer" Heraklits. Die Entwicklung des Universums schreitet den Weg hinauf und wieder hinab in ewigem Werden und Vergehen.

---

[43]) S. Arrhenius, Das Werden der Welten, 1907; Das Weltall, 1912.

5. Kapitel.

Astrogenesis.

Die Entwicklung der Weltkörper.

Aristoteles, das große Sammelbecken der Gelehrsamkeit des Altertums, hatte die Welt in eine supralunarische und eine sublunarische Region geschieden. In jener befinde sich alles in vollkommener Ruhe und ruhiger Vollkommenheit, in dieser sei alles dem Wechsel, dem Werden und Vergehen, der Vergänglichkeit unterworfen. Jene die Welt der Seligen, Götter, diese die Welt der Unseligen, Menschen. Jene das Reich des Guten und Schönen, diese das Reich des Bösen und Häßlichen. Dem ganzen Mittelalter war diese Anschauung eine unerschütterliche Wahrheit. Groß war daher die Überraschung und Aufregung, als im November 1572 im Sternbild der Cassiopeja plötzlich ein neuer Stern aufflammte und bald dermaßen an Glanz und Helligkeit zunahm, daß er selbst am hellen Mittag sichtbar war. Giordano Bruno hatte das lebhafteste Interesse für ihn, bezeugte er doch gegen Aristoteles die Einheit der Welt. Tycho Brahe, der große Astronom, erblickte ihn am 11. November. Er traute seinen Augen nicht und fragte die Leute, die ihm begegneten, ob sie das Wunder auch sähen. Der sternkundige Landgraf Philipp von Cassel schrieb am 14. Dezember an den Professor der Mathematik Kaspar Peucer in Wittenberg, den Schwiegersohn Melanchthons, und befragte ihn über das unerhörte Phänomen[1]. Ein Komet, schreibt er, könne es nicht sein, denn er sei viel heller als ein solcher und bewege sich auch nicht. „Der Stern muß entstanden sein nicht in der Elementar-Region, wohin die Physiker die Kometen setzen, sondern im Äther selbst, in der Region des Unvergänglichen, Unzerstörbaren, nicht weit von der Sonne. Wir können nicht so leicht-

[1] Vgl. C. Sterne, Die allgemeine Weltanschauung in ihrer historischen Entwicklung, 1889, S. 86.

weg behaupten, Gott habe einen neuen Stern erschaffen, da so etwas seit Erschaffung der Welt nicht gehört worden ist. Soviel ich zu urteilen vermag, halte ich ihn für ein ganz besonderes Wunder, und zwar eins von denen, welche dem jüngsten Tage vorangehen werden."

Peucer antwortete: „Ich halte es allermeist mit dem Aristoteles: in der Sternregion wird nichts mehr geschaffen, darum steht in der Schrift: Gott ruhe."

Der neue Stern verlor bald seinen hellen Glanz und seine weiße Farbe, wurde rot wie der Mars und verschwand nach 16 Monaten spurlos. Tycho Brahe, der ihn während der ganzen Zeit genau beobachtet hatte, schrieb ein besonderes Buch darüber[2]). Darin bestritt er die aristotelische Lehre, daß sich solche Erscheinungen ebenso wie die Kometen und sogar die Milchstraße aus den Ausdünstungen der Erde bilden und der sublunarischen Region des Veränderlichen angehören sollten. Der Stern habe im freien Sternenraum gestanden und sich vielleicht aus dem in der Milchstraße verteilten Lichtdunst zusammengeballt, denn man müsse annehmen, daß auch der ätherische Urstoff verschiedene Bildungsstufen durchlaufe. Wahrscheinlich sei aber die Masse nicht zur dauernden Bildung eines Sternes geeignet gewesen und darum wieder verschwunden.

Hier zum erstenmal taucht in der neueren Zeit der Entwicklungsgedanke in der Kosmologie auf, und zugleich streift das Genie des großen Astronomen auch den Gedanken der kosmischen Auslese: Erhaltung des Geeigneten und Untergang des Ungeeigneten.

Im Jahre 1600 erschien wieder ein neuer Stern, diesmal im Schwan, 1604 ein dritter im Schlangenträger, der nur der Venus im Glanze nachstand, aber ein Farbenspiel und ein Gefunkel zeigte, wie man es vorher nie gesehen hatte. Der Stern war bei einer Konjunktion von Jupiter und Mars dicht bei dem ersteren erschienen, und dieser „Zufall" belebte den Glauben der Astrologen, daß Kometen und neue Sterne durch eine solche Konjunktion gezeugt würden. Kepler beobachtete den neuen Stern unausgesetzt bis zu seinem Verschwinden nach anderthalb Jahren. Über seine Entstehung äußerte er: „Der neue Stern muß entweder durch einen göttlichen Akt erschaffen oder durch irgend eine Naturkraft hervorgebracht sein. Ich bin aber der Meinung, daß man erst alles andere versuchen muß, bevor man seine Zuflucht zur Schöpfung

[2]) Tychonis Brahi Dani Opera Omnia, ed. J. L. E. Dreyer, T. III, Hanniae 1916.

nimmt, denn mit ihr hört jede wissenschaftliche Erörterung auf." Er war der Meinung, die neuen Sterne könnten nicht bloß in der Milchstraße, sondern überall im Weltenraume durch Zusammenballung von kosmischem Nebel, „Himmelsdunst", entstehen, ohne daß planetarische Eltern dazu nötig wären[3]).

Die Möglichkeit einer entwicklungsgeschichtlichen Betrachtung des Weltgebäudes war damit eröffnet. Schon in Galilei kam der Gegensatz zu dem aristotelischen Dualismus scharf zum Ausdruck[4]). „Ich kann, sagt er, nur mit größter Verwunderung, ja mit größtem innerem Widerstreben anhören, daß die Eigenschaften des Unbeeinflußbaren, Unveränderlichen, Unwandelbaren den Naturkörpern, welche das Weltall zusammensetzen, als etwas Vornehmes und Vollkommenes zugeschrieben werden, und im Gegensatze dazu die Wandelbarkeit, Erzeugbarkeit, Veränderlichkeit als etwas sehr Unvollkommenes gelten soll. Ich für meinen Teil halte die Erde für sehr vornehm und bewundernswert, gerade wegen der vielen verschiedenartigen Wandlungen, Veränderungen, Erzeugungen, die ohne Unterlaß auf ihr sich abspielen." Giordano Brunos kosmische Naturphilosophie erhielt ihre ersten empirischen Unterlagen.

Seit dem Jahre 1572 hat man neunzehn neue Sterne beobachtet. Newton erklärte ihre Entstehung durch das Zusammenstürzen zweier Weltkörper. Seeliger nahm an, daß ein Stern in ausgedehnte Wolken staub- oder gasförmiger Natur eintritt und durch den Widerstand, den er dadurch erleidet, sich selbst und auch z. T. die Gaswolken in starke Glühhitze versetzt. Aus Arrhenius' Betrachtungen „geht klar hervor", daß dies unrichtig ist; nach ihm kommt nur der Zusammenstoß zweier Weltkörper in Betracht[5]).

Kosmische Nebel.

Am 15. Dezember 1612 richtete der Hofmathematikus Simon Marius in Kulmbach sein Fernrohr auf das Sternbild der Andromeda, wo mit dem bloßen Auge schon ein Schimmer wahrgenommen werden kann, der einem lichten Wölkchen gleicht. Im Fernrohr, berichtet Marius, verschwindet jede Sternähnlichkeit; man erkennt nur einen weißlichen Schein, der nach den Rändern zu an Helligkeit abnimmt. Der Glanz

[3]) J. Keppler, De Stella nova. Prag 1606. — [4]) Galilei, Discorsi. Deutsch von E. Strauß, 1891. — [5]) S. Arrhenius, Die Vorstellungen vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten, 1911.

des Ganzen erscheine so, wie wenn von fern ein Licht auftaucht, das durch die halb durchsichtigen Hornwände einer Laterne schimmert[6]).

Es ist der später so berühmt gewordene Andromeda-Nebel, der hier zum erstenmal beschrieben wird. Ähnliche „Lichtwolken“ hatten spanische und portugiesische Seefahrer schon zu Anfang des 16. Jahrhunderts auf der südlichen Hemisphäre gesehen und bewundert, und bald mehrten sich die Beobachtungen derartiger Gebilde. 1618 bereits erwähnt Cysat in Ingolstadt den prachtvollsten aller Nebel der nördlichen Hemisphäre, den großen Nebel im Sternbild des Orion, der auch 1656 von Huygens wieder beschrieben wurde. Seitdem wuchs die Zahl der beobachteten Nebel in die Tausende.

Es war vor allem William Herschel, der seit 1784 den Himmel planmäßig nach Nebeln absuchte. Schon in seiner ersten Mitteilung darüber konnte er berichten, daß er zu den bis dahin bekannten 103 Nebeln 466 neue gefunden habe. Ein Teil derselben hatte sich im verbesserten Fernrohr allerdings als Sternhaufen erwiesen. Nach dreißigjähriger Arbeit konnte Herschel 2500 Nebel verzeichnen.

Anfänglich glaubte Herschel, es gäbe überhaupt keine echten Nebel; alle Nebel seien Sternhaufen, die nur mangels genügend starker Instrumente nicht aufzulösen seien. Das Zusammenfließen zahlreicher fester Sternpunkte zu einem milchigen Gesamtlicht war ja Tatsache, wie Herschel selbst an der Milchstraße nachgewiesen hatte. Je weiter solche Sternhaufen von uns entfernt sind, um so undeutlicher müssen die einzelnen Sterne werden, um so mehr müssen sie zu einer Lichtwolke verschwimmen. Also, lautete der Schluß, ist anzunehmen, daß alle Nebel nur riesige Sternhaufen in den fernsten Weiten des Himmels sind.

Im Jahre 1789 sah sich Herschel indessen genötigt, seine Meinung zu ändern[7]). „Als ich, sagte er, diese Untersuchungen verfolgte, befand ich mich in der Lage eines Naturforschers, der den verschiedenen Arten von Tieren und Insekten von der höchsten Vollkommenheit bis hin zur niedrigsten Lebensstufe nachspürt. Angekommen beim Pflanzenreich, vermag er uns kaum die genaue Grenze anzugeben, bei welcher das Tier aufhört und die Pflanze anfängt, ja er kann sogar die Vermutung

---

[6]) S. Marius, Mundus Jovialis, 1614. Vgl. dazu und zum folgenden: A. von Humboldt, Kosmos. Versuch einer physischen Weltbeschreibung, Bd. I, 1845; A. M. Clerke, Geschichte der Astronomie im 19. Jahrhundert. Deutsch von H. Maser, 1889. — [7]) W. Herschel, Über den Bau des Himmels. Philos. Transactions LXXIX, 1789, S. 212. Deutsch Königsberg 1791.

hegen, daß sie nicht wesentlich verschieden sind. Aber an sich selbst denkend, vergleicht er z. B. einen von der menschlichen Gattung mit einem Baum, und jeder Zweifel über den Gegenstand verschwindet vor ihm. In gleicher Weise gehen wir von einem grobgeschichteten Sternhaufen, wie den Plejaden, durch geringfügige Abstufungen hindurch, bis wir zu einem solchen Objekt wie dem Nebel im Orion gelangen; und dabei sind wir stets geneigt, bei der einmal angenommenen Vorstellung, daß ungeheuer weit entfernte und unbegreiflich dicht zusammengedrängte Sterne zu dieser Erscheinung Anlaß geben, zu bleiben. Wir müssen daher Objekte von größerer Verschiedenheit suchen, um wieder auf den rechten Weg zu kommen." Indem Herschel das tut, kommt er zu dem Schluß: „Der Nebel im Orion ist nicht von stellarer Natur."

Die so erlangte Überzeugung von der Existenz eines im Weltraum verbreiteten „leuchtenden Fluidums" regte sofort wieder den Entwicklungsgedanken an. Es sei angemessener, bemerkt Herschel, durch die Verdichtung dieser selbstleuchtenden Materie einen Stern hervorgehen zu lassen, als ihre Existenz von einem Stern abhängig zu machen.

Tycho Brahe und Johannes Kepler waren, veranlaßt durch die Erscheinung neuer Sterne, auf dieselbe Idee gekommen. Aber erst in Herschels Denken nahm der Ursprung der Sterne aus kosmischem Nebel die Gestalt einer förmlichen Theorie an, die er in zwei Abhandlungen aus den Jahren 1811 und 1814 darlegte. Sie beruhte auf einer Vergleichung der Objekte und folgte dem Prinzip der Stetigkeit. Er hatte Nebel in allen Stadien einer fortlaufenden Reihe beobachten können, angefangen von lockeren und weithin sich erstreckenden Nebelschleiern durch Anhäufungen von stufenweise wechselnder Verdichtung hindurch bis zu den „planetarischen" Nebeln mit bestimmter und gleichförmiger Scheibe in ihrer Mitte. Zwischen diesen aufeinander folgenden Stadien seiner Zusammenstellung gab es, wie er selbst bemerkt, „vielleicht keinen größeren Unterschied, als er sich bei einer jährlichen Beschreibung der menschlichen Figur zeigen würde, wenn man dieselbe von der Geburt des Knaben an bis zu seiner Blüte als Mann fortsetzen wollte". Herschel zieht hier dieselbe Parallele zwischen „simultaner und sukzessiver Metamorphose", wie sie auch in der gleichzeitigen Biologie eine Rolle spielte. Und auch ihm entsprang wie den Biologen der Entwicklungsgedanke aus der Vergleichung. „Warum sollten wir, so fragt er, weniger kühn sein als der Naturforscher, der oft bloß durch eine unbeträchtliche Anzahl von Exemplaren einer Pflanze oder eines Tieres

sich in den Stand gesetzt sieht, uns mit der Geschichte des Ursprungs, des Fortganges und des Verfalls derselben zu beschenken? Es ist ziemlich einerlei, ob wir fortleben, um nach und nach das Aussprossen, Blühen, Belauben, Fruchttragen, Verwelken, Verdorren, Verwesen einer solchen Pflanze anzusehen, oder ob eine große Anzahl von Exemplaren aus jedem von der Pflanze durchlaufenen Zustand uns auf einmal vor die Augen gebracht wird.“ Das ist genau die vergleichende Methode, die auch in der Biologie den Entwicklungsgedanken erzeugt hat.

Indessen sollte die Nebeltheorie noch einmal einen heftigen Stoß erleiden. Im Jahre 1845 errichtete Lord Rosse auf seinem Landsitz in Irland den Riesenreflektor „Leviathan“ mit einem Spiegel von 185 cm Durchmesser und einer Brennweite von 17 Metern. Als dieser Riese zum erstenmal auf Nebelflecke gerichtet wurde, lösten sich wiederum viele selbst von Herschel als „echt“ betrachtete Nebel in Sternhaufen auf. Von neuem drängte sich die Vermutung auf, daß alle Nebel nur Sternhaufen seien, deren Auflösung man von der Zukunft erwarten könne. Der Schöpfungs- und Ewigkeitsgedanke schien doch wieder über den Entwicklungsgedanken zu triumphieren. In einem Brief Alexander von Humboldts an einen jungen Freund sagt der Verfasser des „Kosmos“: „Die Ansicht von der allmählichen Veränderung der Nebelflecke und dem Werden der Weltkörper aus ihnen hat etwas Gemütliches. Ich bin jedoch überzeugt, daß noch alle Nebelflecken sich als Sternhaufen erweisen werden. Zu diesem Schluß berechtigen wenigstens die merkwürdigen Resultate der großen Teleskope des Lord Rosse mehr als zu irgend einem andern“[8]. Der Schluß war voreilig, und Humboldts Überzeugung falsch. Die Entscheidung brachte wenige Jahre später eine ganz neue wunderbare Methode der kosmischen Forschung, die Spektralanalyse.

Die spektroskopische Klassifikation der Weltkörper.

Im Jahre 1864 wurde das Spektroskop zum erstenmal zur Untersuchung eines Nebels benutzt und vor den Augen Huggins, der diese Prüfung vornahm, erschien ein deutliches Gasspektrum, das aus drei getrennten hellen Linien bestand[9]). Damit war mit Sicherheit erwiesen,

[8]) Zitiert bei H. Klencke, A. von Humboldts Leben und Wirken. 7. A. 1876, S. 375. — [9]) Philos. Transactions, CLIV, S. 437. Zum folgenden vgl. Newcomb-Engelmanns populäre Astronomie, 4. A. 1911, hgg. von P. Kempf, S. 599 ff.; W. Meyer, Das Weltgebäude, 2. A. 1908, S. 333 ff.

daß die Nebel in der Tat Gasmassen sind, die sich in einem Zustand sehr großer Verdünnung und vielleicht sehr niedriger Temperatur befinden. Daß trotz niedriger Temperatur ein Leuchten der Gase möglich ist, haben physikalische Versuche unzweideutig bewiesen. Die geringe Zahl von Linien im Spektrum der Nebel deutet auf eine chemisch sehr einfache Beschaffenheit. Während im Spektrum der Sterne tausende von Linien auftreten, die auf das Vorhandensein vieler chemischer Elemente schließen lassen, sind in den Spektren der Nebel nur etwa 70 Linien gefunden worden, die zu wenigen „Serien" gehören. Am konstantesten tritt die Wasserstoffserie auf, daneben eine andere, sonst noch unbekannte, und die Serie des Heliums.

Zuweilen zeigt das Spektroskop ein Gasspektrum, wo das Teleskop bereits eine Menge unterschiedener Lichtpunkte erkennen läßt. In diesen Fällen handelt es sich offenbar um Ansammlungen loser Gasmassen, die zwar schon zu einzelnen Riesenkugeln zusammengeballt sind, aber noch keineswegs mit unserer Sonne oder ähnlichen Fixsternen verglichen werden können. Überhaupt zeigen die Spektren vielfache Übergänge, genau so, wie schon William Herschel, der Gestalt nach, die Nebel klassifiziert und geordnet hatte: von außerordentlich zarten, sich kaum abhebenden Nebelschimmern von ungeheurer Ausdehnung bis zu den glänzenden, einfach und symmetrisch gebauten planetarischen Spiral- und Ringnebeln. Von Max Wolf in Heidelberg, später auch von anderen, sind Nebelschleier entdeckt worden, die sich über ganze Sternbilder ausdehnen. „Sie führen unwillkürlich auf den Gedanken, daß das ganze Universum mit einer Art von Luft, dem Weltäther, ausgefüllt sein müsse, der in gewissen Regionen etwas dichter auftritt als in andern." An sie schließen sich, wenn wir eine Stufenreihe konstruieren wollen, hellere, also wohl etwas kompaktere Nebel von unregelmäßiger, aber doch einigermaßen begrenzter Gestalt an. Weiterhin einerseits die planetarischen, anderseits die Spiral- und Ringnebel. Die planetarischen, die zum Teil wohl kugelförmig sind, treten auch ihrerseits wieder in den verschiedensten Abstufungen auf. Einige leuchten ganz gleichmäßig über die ganze scharf begrenzte Scheibe. Andere sind in zunehmendem Grade verdichtet, die Verdichtung nimmt einen sternartigen Charakter an, und endlich gibt es Nebel, die einen wirklich ausgebildeten Stern in ihrer Mitte haben. Aber nicht immer ist nur ein Stern im Innern dieser Nebel vorhanden. In einem Fall zeigt ein etwas elliptischer Nebel dieser

Art zwei Sterne, die genau in den beiden Brennpunkten der Ellipse stehen. Ein anderer weist drei Sterne auf, die ein genau gleichseitiges Dreieck zu bilden scheinen. Bei wieder anderen ist eine große Anzahl von Sternen über die ganze Scheibe verteilt. Vielleicht folgt diese Anordnung der Sternkörper dem Verteilungsgesetz, das W. Thomson als wahrscheinlich für die Anordnung der Elektronen im Atom ermittelt hat. Sehr viele, vielleicht die meisten Nebel, sind Spiralnebel mit zwei Armen. Hier scheint ein zweiter Modus der Entwicklung vorzuliegen. Diesem Typus gehört nach Easton das Milchstraßensystem an.

Eine Klassifizierung der Fixsterne nach ihren Spektren nahm zuerst der Pater Secchi vor, der ausgezeichnete Astronom vom Collegio Romano[10]). Er unterschied zuerst zwei, 1866 drei, 1868 vier Klassen. Die erste Klasse umfaßt die weißen oder bläulichen Sterne, deren Spektrum wenige und schwache Metall-Linien, dagegen starke Wasserstofflinien zeigen. Beispiel: Sirius. Die gelblichen Sterne der zweiten Klasse, denen unsere Sonne zugehört, enthalten in ihren Spektren zahlreiche dunkle Metall-Linien. Die dritte Klasse, mit roten oder orangefarbenen Sternen ähnlich Beteigeuze in der Schulter des Orion, erzeugen ein Spektrum, das dem der Sonnenflecken gleicht; es läßt auf zusammengesetzte Stoffe (Verbindungen) schließen. Die vierte Klasse endlich enthält dunkelrote Sterne, deren Spektren Kohlenstoffverbindungen anzeigen.

H. C. Vogel teilte 1874 die Fixsternspektren in drei Klassen, die im großen ganzen den Secchischen Typen entsprachen[11]). Er bemerkt dazu: „Die einzige rationelle Klassifikation der Sterne nach ihren Spektren dürfte erhalten werden, wenn man von dem Gesichtspunkt ausgeht, daß sich im allgemeinen in den Spektren die Entwicklungsphase der betreffenden Weltkörper abspiegle.“ Als die allen Veränderungen zugrundeliegende Ursache, welche die chemische Konstitution der Fixsterne ebenso bestimmt wie ihre Farbe, betrachtet Vogel ihre allmähliche Abkühlung infolge Ausstrahlens der Wärme in den kalten Weltenraum.

Später ist die Klassifikation der Sternspektren noch weiter ins Einzelne verfolgt und festgestellt worden[12]). Es hat sich dabei herausge-

[10]) Secchis Abhandlungen erschienen in den Comptes Rendus, 1863, 1866 und 1868. — [11]) Astronomische Nachrichten, Bd. 84, 1874. — [12]) Vgl. darüber J. Scheiner, Die Spektralanalyse der Gestirne, 1890; Newcomb-Engelmann, S. 512 ff.

stellt, daß von einer einreihigen Anordnung derselben ebenso wenig die Rede sein kann wie von einer einreihigen Anordnung der Organismen, an die man auch einmal geglaubt hat. Daß im großen und ganzen der Fortschritt von den weißen zu den gelben und weiterhin zu den roten Sternen einen Fortschritt in der physikalisch-chemischen Ausbildung der Sterne bedeutet, dürfte sicher sein; ebenso, daß an den Ausgangspunkt der Entwicklung ein Nebelzustand der Materie zu setzen ist. So führen uns die Tatsachen induktiv zu der Konzeption einer Astrogenesis. Deduktiv waren astrogenetische Theorien auf Grund des allgemeinen Entwicklungsgedankens schon längst aufgestellt worden.

Astrogenetische Theorien.

Anaximander dachte sich die Gestirne durch Abschleuderung von einem geborstenen Feuerkreis entstanden. Anaxagoras läßt aus seinem Chaos zuerst die Erde hervorgehen. Von ihr rissen sich einzelne glühende Gesteinsmassen los und bildeten die Sonne und die übrigen Gestirne. Demokrit erzeugt die Himmelkörper durch eine Wirbelbewegung der ursprünglich zerstreuten Atome. Ein Zusammenstoß zweier Weltkörper kann sie wieder in ihre Atome auflösen, so daß ihr Bildungsprozeß von neuem beginnen kann.

Danach verging ein Zeitraum von mehr als anderthalb Jahrtausenden, bevor eine neue astrogenetische Theorie gewagt wurde. Moses und Aristoteles beherrschten die Anschauung des Abendlandes mit ihrer Schöpfungs- und Unveränderlichkeitslehre, bis Tycho Brahe, Kepler und Galilei den Entwicklungsgedanken wieder aufnahmen. Descartes, angeregt durch die gleichsinnige Bewegung der Planeten um die Sonne, geht zum erstenmal wieder aufs Ganze und fragt, woher diese Welt und wie sie entstanden sei, und er unternimmt es, das Problem auf wissenschaftlicher Grundlage zu lösen[13]). Er nimmt einen Stoff an, welcher gleichartig und gleichmäßig im ganzen Universum verbreitet ist. Die erste Bewegung dieses Stoffes läßt Cartesius, darin durchaus noch Aristoteliker, durch Gott bewirkt sein. Pascal bemerkt dazu in seinen „Gedanken“: „Ich kann es Descartes nicht verzeihen: gern hätte er sich in

[13]) Descartes hat seine Kosmogenie entwickelt in der Schrift „Le monde ou traité de la lumière“, im 3. und 4. Teil seiner „Prinzipien“, an zerstreuten Stellen der Abhandlung „Les météores“ und seiner Briefe. Vgl. P. F. Eberhardt, Die Kosmogenie des Descartes im Zusammenhang der Geschichte der Philosophie. Diss. Erlangen, 1908.

seiner ganzen Philosophie ohne Gott beholfen, aber er hat sich nicht enthalten können, ihn einen Nasenstüber geben zu lassen, um nämlich die Welt in Bewegung zu setzen. Danach hat er nichts mehr mit Gott zu tun." Es ist dieselbe Geschichte wie mit dem „Nus" des Anaxagoras. Daß übrigens Descartes selbst schon gern der Hypothese „Gott" ausweicht, zeigt seine Bemerkung: „Ich halte mich nicht damit auf, die Ursache ihrer Bewegung zu suchen, denn es genügt mir die Annahme, daß sie sogleich sich zu bewegen angefangen hat, als die Welt angefangen hat, zu sein."

Durch die Bewegung des Urstoffs wurden geschlossene Bahnen um ein Zentrum beschrieben, in welchem sich durch Kondensation das erste Element sammelte, die „leuchtende Materie", während das zweite und dritte, aus der Urmaterie entstandene Element um sie herumwirbelten. Aus der leuchtenden Materie entstanden die Sonne und die Fixsterne, aus der zweiten, durchsichtigen, lichtartigen der Himmel, aus der dritten, dunklen, undurchsichtigen, erdartigen die Planeten und Kometen. So entstanden aus den Wirbeln Welten in unendlicher Zahl, darunter auch unsere Welt, das Sonnensystem. Die Erde bildete sich wie ein Fixstern inmitten eines Wirbels. Bei abnehmender Kraft des Erdwirbels wurde sie in den Bereich des Sonnenwirbels gezogen, sie wurde aus einem Fixstern ein Planet.

Dies die Kosmogenie Descartes'. In der Folge bemühten sich seine Freunde, eine Übereinstimmung der in der Bibel offenbarten Wahrheit mit der von Descartes entdeckten herzustellen, und dem Fleiß und der Einsicht des Johannes Amerpool in Groeningen gelang es, in seinem „Cartesius Mosaizans" die Gleichheit der cartesianischen und mosaischen Kosmogenie zu beweisen.

Swedenborg (1688—1772) nahm die kartesianische Theorie in etwas modifizierter Form wieder auf[14]). Er nahm an, daß die Wirbelbewegung allmählich entstanden sei, nicht schon von Anfang an bestanden habe. Alles bestehe aus Wirbeln, das Sonnensystem ebenso wie die Atome. Die einfachste materielle Partikel soll durch die Wirbelbewegung eines immateriellen Punktes bestehen. Arrhenius bemerkt dazu: „Das ist sehr schwach, denn ein Punkt ohne Ausdehnung mag noch so rasch wirbeln, so kann er dadurch doch niemals einen Raum ein-

---

[14]) Vgl. S. Arrhenius, Emanuel Swedenborg as a Cosmologist. In: E. S. as a Scientist, Vol. I, Sect. 3, Stockholm 1908; auch Arrhenius, Vorstellungen vom Weltgebäude, 1909.

nehmen." Der schwache Punkt Swedenborgs feiert gewissermaßen seine Auferstehung in der gegenwärtig blühenden Relativitätstheorie.

Die Planeten läßt Swedenborg von der Sonne abstammen. Er stellt sich vor, daß die Sonnenflecken allmählich zunahmen, bis sie die ganze Sonnenoberfläche überzogen. Das eingeschlossene Feuer strebte nach Ausdehnung, die umgebende Schale spannte sich, brach und die dunkle Hülle sammelte sich als Ring um den Sonnenäquator. Die Wirbelbewegung zerbrach diesen Ring in kleinere Stücke, die sich zu kugelförmigen Massen zusammenballten und die verschiedenen Planeten und Monde bildeten. Diese wurden von dem Wirbel hinweggeführt, bis sie eine Stelle erreichten, in welcher sie sich im Gleichgewicht mit dem umgebenden Äther befanden, so wie ein leichter, in die Luft aufsteigender Körper sich nicht weiter hinwegbewegt, wenn er sich in einer Umgebung von gleicher Dichte wie seine eigene befindet. In diesem Abstand bewegen sie sich um die Sonne.

An Descartes sowohl wie an Swedenborg knüpfte Buffon an, als er in seiner „Allgemeinen Naturgeschichte" (1749) die Bildung der Planeten behandelte[15]. „Wäre es nicht möglich, fragt er, daß die Planeten ehemals Teile der Sonne gewesen und durch eine stoßende Kraft, die ihnen allen von jeher und noch jetzt eigen ist, davon losgerissen worden wären?" Was für eine Kraft könnte dies gewesen sein? Buffon gibt zuerst eine theologische Antwort: „Ohne Zweifel teilte die mächtige Hand des Schöpfers diese Kraft den Gestirnen zu eben der Zeit mit, als sie dem ganzen Weltgebäude sein Dasein und seine Bewegung gab." Aber dann meldet sich der Naturforscher: „Weil man indessen in der Naturlehre die Anführung übernatürlicher Ursachen nach Kräften vermeiden muß, so kann man meines Erachtens in unserer Sonnenwelt diese stoßende Kraft aus sehr wahrscheinlichen Gründen erweisen und eine Ursache derselben angeben, deren Wirkungen nicht allein mit den Regeln der Mechanik übereinstimmen, sondern die sich noch überdies mit Begriffen, die man von den Veränderungen und Umwälzungen, welche auf der Welt sich ereignen können und müssen, sehr wohl verträgt." Buffon fand die bewegende Kraft in dem seitlichen Sturz eines Kometen auf die Sonne. Dieser Sturz habe die Sonne etwas zur Seite gerückt und einen Wirbel von Sonnenmaterie aufgejagt, der sich in verschiedener Entfernung von der Sonne — verschieden je nach der Dichtigkeit

[15]) Buffons „Theorie von der Erde" befindet sich im ersten Band seiner „Naturgeschichte", der 1749 erschien.

der abgestoßenen Materie — zu verschiedenen größeren und kleineren Kugeln zusammengeballt habe. Die Kugeln erkalteten, wurden dunkel und fest und bildeten die Planeten und Monde, die sich infolge des Stoßes alle in derselben Ebene und in demselben Sinne um die Sonne bewegen. Über das Sonnensystem hinaus geht Buffon mit seiner Theorie, die Arrhenius weit über diejenige von Kant setzt, nicht.

Kant, der nächste, der sich mit dem Ursprung des ganzen Weltgebäudes beschäftigte[16]), war mit den Theorien von Swedenborg, Descartes und Buffon bekannt; er gibt zu, daß seine Theorie mit der des Lukrez, Epikur, Leukipp und Demokrit viele Ähnlichkeit habe. Die historische Kontinuität liegt klar zutage.

Die gleichsinnigen Bewegungen der Sonne, Planeten und Monde, die annähernd in derselben Ebene, nämlich der Äquatorialebene der Sonne verlaufen, die annähernd zyklische Form der Bahnen in ihrer Gleichartigkeit waren auch für Kant die Voraussetzungen und zugleich die zu erklärenden Momente seines spekulativen Versuchs. Durch Zufall könne diese Ordnung und Regelmäßigkeit unmöglich entstanden sein; ebenso lehnt Kant aber auch die theologische Hypothese Newtons ab, welcher angenommen hatte, die „unmittelbare Hand Gottes habe diese Anordnung ohne Anwendung der Kräfte der Natur ausgerichtet“. Wie Cartesius und Buffon sucht Kant die Bildung der Weltkörper aus bloß mechanischen Gesetzen zu erklären, „aus Kräften, welche beide gleich gewiß, gleich einfach und zugleich gleich ursprünglich und allgemein sind“, nämlich der Anziehungs- und Zurückstoßungskraft. Die nach ihren allgemeinen Gesetzen sich bestimmende Materie „bringt durch ihr natürliches Betragen, oder wenn man es so nennen will, durch eine blinde Mechanik anständige Folgen hervor, die der Entwurf einer höchsten Weisheit zu sein scheinen“, es aber nicht sind.

Indem Kant sich zunächst auf die Genesis unserer Sonnenwelt beschränkt, nimmt er an, daß alle Materien, die jetzt die Körper des Sonnensystems zusammensetzen, „im Anfang aller Dinge“, in ihren elementarischen Grundstoff aufgelöst, den ganzen Raum des Weltgebäudes erfüllt haben, den gegenwärtig das Sonnensystem einnimmt. Die Materie aber, die bloß leidend, und der Formen und Anstalten bedürftig zu sein scheint, hat in ihrem einfachsten Zustand ein Bestreben,

---

[16]) Kant, Allgemeine Naturgeschichte und Theorie des Himmels oder Versuch von der Verfassung und dem mechanischen Ursprung des ganzen Weltgebäudes nach Newtonschen Grundsätzen abgehandelt, 1755.

sich durch eine natürliche Entwicklung zu einer vollkommneren Verfassung zu bilden. Begünstigt wird dieses „Bestreben“ vor allem durch die unendliche Verschiedenheit der Elemente. Die Elemente von dichterer Art sammeln vermittelst der Anziehung — dieser ursprünglichen Bewegungsquelle, die keiner fremden Ursache bedarf — aus einer Sphäre rund um sich alle Materie von minder spezifischer Schwere; sie selber aber samt der Materie, die sie mit sich vereinigt haben, sammeln sich in den Punkten, wo sich die noch dichteren Teilchen befinden, diese zu noch dichteren und so weiter. Wenn nun in einem Punkt in einem sehr großen Raum die Anziehung stärker als sonst allenthalben wirkt, so wird sich der in dem ganzen Umfang ausgebreitete Grundstoff zu diesem Punkt hinsenken, und die dichteren Elemente, die zuerst dort ankommen, vereinigen sich zu einem Zentralkörper, einer Sonne. Die große Wärme der Sonne, so erklärt Kant in seiner Abhandlung „über die Vulkane im Monde“ (1785), entsteht dadurch, daß in ihr das Wärme-Element, welches ebenfalls vorher im Weltenraum zerstreut war, zu größerer Dichtigkeit angesammelt wird.

Neben der Anziehungskraft wirkt aber auch eine Zurückstoßungskraft, die namentlich in fein zerteilter Materie wirksam ist. Durch diese Kraft werden die zu ihren Anziehungspunkten sinkenden Elemente durcheinander von der geradlinigen Bewegung seitwärts abgelenkt, und der senkrechte Fall wird zu einer Kreisbewegung — meint Kant — die den Mittelpunkt der Sonne umfaßt. In der Höhe, wo sie in freien Zirkelläufen schweben, erhalten sie sich „durch die Gleichheit der Schwungkraft mit der sinkenden“. Nach anfänglichem Durcheinander bewegen sich die Elemente der sich bildenden Natur alle nach einer Richtung und in einer Ebene um die Sonne, die deren Mittelpunkt schneidet. Aus den Teilchen, die so um den Mittelpunkt des Zentralkörpers kreisen, bilden sich die Planeten und Kometen wiederum durch Ansammlung der elementarischen Materie in einem Attraktionsmittelpunkt, und auf dieselbe Weise die Monde aus der elementarischen Materie, die um die Planeten kreist.

Wie das Sonnensystem im Kleinen, so hat sich ähnlich das ganze Milchstraßensystem gebildet, ähnlich ein System von Milchstraßensystemen, ähnlich das ganze Universum. Die ganze unendliche Schöpfung ist für Kant ein einziges System, in welchem alle Welten und Weltordnungen, die den ganzen unendlichen Raum ausfüllen, auf einen einzigen Mittelpunkt bezogen sind. „Es ist zwar an dem, daß in einem un-

endlichen Raume kein Punkt eigentlich das Vorrecht haben kann, der Mittelpunkt zu heißen; aber vermittelst eines gewissen Verhältnisses, das sich auf die wesentlichen Grade der Dichtigkeit des Urstoffes gründet, nach welcher dieser zugleich mit seiner Schöpfung an einem gewissen Ort vorzüglich dichter gehäuft und mit den Weiten von demselben in der Zerstreuung zunimmt, kann ein solcher Punkt das Vorrecht haben, der Mittelpunkt zu heißen." Bei diesem „Mittelpunkt" fängt die Ausbildung der Natur zuerst an; sie schreitet nach und nach in alle ferneren Weiten fort.

Unser Sonnensystem — meint Kant — befindet sich nahe dem Mittelpunkt der ganzen Natur. Hier hat sich diese schon aus dem Chaos ausgewickelt und ihre gehörige Vollkommenheit erlangt. Wenn wir eine gewisse Sphäre überschreiten könnten, würden wir daselbst das Chaos und die Zerstreuung der Elemente finden, die nach dem Maße, als sie sich diesem Mittelpunkt näher befinden, den rohen Zustand zum Teil verlassen und der Vollkommenheit der Ausbildung näher sind, mit den Graden der Entfernung aber sich nach und nach in einer völligen Zerstreuung verlieren. Die Schöpfung ist nicht das Werk von einem Augenblick. Nachdem sie mit der Hervorbringung einer Unendlichkeit von Substanzen und Materie den Anfang gemacht hat, ist sie mit immer zunehmenden Graden der Fruchtbarkeit die ganze Folge der Ewigkeit hindurch wirksam. Es ist vielleicht eine Reihe von Millionen Jahren und Jahrhunderten verflossen, ehe die Sphäre der gebildeten Natur, darin wir uns befinden, zu ihrer jetzigen Vollkommenheit gediehen ist; es werden Millionen und ganze Gebirge von Millionen Jahrhunderten verfließen, binnen welcher immer neue Welten und Weltordnungen nacheinander in den entfernten Weiten von dem Mittelpunkt der Natur sich bilden und zur Vollkommenheit gelangen werden.

Aber der Ausbildung folgt die Rückbildung. Ein jegliches zur Vollkommenheit gelangte Weltgebäude hat den unvermeidlichen Hang, nach und nach unterzugehen, und zwar von dem Mittelpunkt der Bildung aus. Die Ursache des Untergangs findet Kant in dem allmählichen Verfall der Bewegungen. Infolge der „Mattigkeit" ihrer Umlaufsbewegungen stürzen die Planeten und Kometen auf die Sonne, deren Glut bekommt dadurch einen so unermeßlichen Zuwachs, daß alles wieder in die kleinsten Elemente aufgelöst und in dieselben weiten Räume ausgebreitet und zerstreut wird, welche sie vor der ersten Bildung der Natur eingenommen hatten. Nachdem die Heftigkeit des Zentralfeuers

durch eine beinahe gänzliche Zerstreuung ihrer Masse gedämpft worden ist, wiederholen sich die alten Zeugungen und systematisch beziehenden Bewegungen mit nicht minderer Regelmäßigkeit und bilden ein neues Weltgebäude. Diesen Kreislauf der Bildung, Auflösung und Wiederbildung können einzelne Sonnensysteme vielleicht mehrere Male durchlaufen, bis endlich auch das ganze Milchstraßensystem der Auflösung verfällt. Und so in fortschreitender Progression immer umfassendere Systeme. Durch alle Unendlichkeit der Zeiten und Räume hindurch läßt sich so dem Phönix der Natur folgen, der sich nur darum verbrennt, um aus seiner Asche wiederum verjüngt aufzuleben.

Augenscheinlich ohne Kenntnis der Kantischen Theorie, aber ebenso wie dieser an Buffon anknüpfend, entwarf im Jahre 1796 der französische Astronom Pierre Laplace (1749—1827) in seiner „Exposition du Système du Monde“ eine astrogenetische Theorie, die er in den folgenden Auflagen seines Werkes weiter entwickelte[17]).

Nachdem Laplace die Tatsachen aufgezählt hat, die einen gemeinsamen Ursprung der Körper unseres Sonnensystems vermuten lassen, weist er, ebenso wie Kant es getan hatte, Newtons Behauptung zurück, daß die wunderbare Anordnung des Systemes nicht auf mechanische Ursachen zurückgeführt werden könne, sondern nur auf ein intelligentes und allmächtiges Wesen. „Überblicken wir die Geschichte der Fortschritte des menschlichen Geistes und seiner Irrtümer, so sehen wir, daß die Endursachen (causes finales) beständig an die Grenzen des Wissens zurückgeschoben worden sind. In den Augen der Philosophen sind sie nichts als der Ausdruck der Unwissenheit.“

Laplace weist hin auf die ausgestorbenen Tierarten, die Cuvier aus fossilen Knochen rekonstruiert hatte, und fragt: „Beweisen sie nicht eine Tendenz der Natur, auch die anscheinend beständigsten Dinge zu verändern?“ Er weist ferner hin auf die Beobachtungen, die Herschel an den kosmischen Nebeln gemacht hatte: wie er den Prozeß ihrer fortschreitenden Kondensation verfolgt habe, nicht an einem einzigen, sondern an ihrer Gesamtheit, „so wie man in einem weiten Wald das Wachstum der Bäume an verschiedenaltrigen Individuen verfolgen kann“. Die verschiedengradige Ausbildung der Nebel macht es äußerst wahrscheinlich, daß sie sich künftig in Sterne umwandeln, wie daß die gegenwärtigen Sterne früher Nebel gewesen sind. Zurück-

[17]) Laplace, Oeuvres complètes, Paris 1884, T. VI, Chap. VI, S. 474: Considérations sur la Système du Monde et sur les Progrès futures de l'Astronomie.

gehend bis an die Grenze des Möglichen, kommt man zu völlig diffusen Nebeln, die kaum wahrzunehmen sind.

Die Entwicklungsgeschichte des Sonnensystems beginnt Laplace mit einem primitiven Zustand der Sonne, der einem Nebel mit einem verdichteten Kern entsprach. Indem sich der Kern an seiner Oberfläche verdichtete, verwandelte er sich in einen Stern, der von einer Nebelatmosphäre umgeben war. Die Rotation dieses Sternes mitsamt seiner Atmosphäre nimmt Laplace an, ohne sie weiter abzuleiten. Die äußerste Grenze der Nebelatmosphäre war gegeben durch den Punkt, wo die Zentrifugalkraft der Rotationsbewegung das Gleichgewicht hielt. Durch Abkühlung zog sich diese Gleichgewichtsgrenze näher an den Kern heran. Mit dieser Kontraktion mußte aber gesetzmäßig zugleich die Geschwindigkeit der Rotation wachsen. Infolge der Gleichgewichtsstörung trennten sich die jenseits der Gleichgewichtsgrenze gebliebenen Teilchen von der Hauptmasse los und kreisten mit der ihnen zukommenden Geschwindigkeit in einem äquatorialen Ring weiter um diese herum. Da sich dieser Prozeß öfter wiederholte, bildete sich eine ganze Reihe konzentrischer Ringe oder Zonen, deren Teilchen alle in der Drehungsrichtung des Hauptkörpers um diesen herumliefen. Die gegenseitige Reibung der Teile in einem solchen Ring mußte die Verschiedenheit ihrer Bewegungen allmählich ausgleichen, so daß sie sich schließlich alle gleichmäßig, d. h. mit gleicher Winkelgeschwindigkeit bewegten.

Wäre die Bildung und Abkühlung eines solchen Gasringes durchaus gleichmäßig, so würde er schließlich zu einem flüssigen oder festen Ring werden. Aber diese Gleichmäßigkeit ist so selten, daß sie im Bereich des Sonnensystems nur einmal zu ihrem gesetzmäßigen Resultat geführt hat: bei den Ringen des Saturn. In allen übrigen Fällen lösten sich die Ringe in einzelne Massen auf, die sich zu abgeplatteten Kugeln (Sphäroiden) formierten und mit annähernd gleichen Geschwindigkeiten ihre Bewegung fortsetzten. War unter den so gebildeten Planeten einer, der infolge seiner größeren Masse alle übrigen desselben Ringes nach und nach mit sich vereinigte, so entstand schließlich ein einziger Planet, der, in der gleichen Richtung wie der Hauptkörper rotierend, diesen in oder in nahezu der Hauptebene umlaufen mußte, in einer Bahn, die nur wenig von der Kreisform abwich. Blieben die Sphäroide eines Ringes unvereinigt, so bildeten sich Asteroiden, ein Fall, der zwischen Mars und Jupiter verwirklicht ist.

Wie die Planeten aus den Ringen der Sonnenatmosphäre, so haben sich die Monde aus der durch die Rotation der Planetenmassen entstehenden Ringe gebildet. Die Doppelsterne und Sternbilder leitet Laplace aus der Verdichtung von Nebeln um zwei oder mehrere Kerne ab.

Auch die Laplacesche Theorie hat, wie die Kantische, der auf neuere Entdeckungen und Erkenntnisse gestützten Kritik nicht in allen Punkten standhalten können, vor allem widersprechen ihr die rückläufigen Saturn- und Jupitermonde[18]). Man hat später Verbesserungen und neue Theorien versucht, aber keine davon hat allgemein Beifall finden können. Die gegenwärtige Stimmung der Fachwissenschaft kennzeichnet Otto Knopf mit den Worten: „Neue Kosmogenien werden von den Astronomen heute meist mit Mißtrauen aufgenommen. Man hat schon zu viele kennen gelernt, die alle sich als nicht ausreichend und einwandfrei erwiesen haben.“ Einigermaßen sicher ist nur die durch empirische Beobachtungen gestützte Annahme, daß sich die Himmelskörper aus kosmischen Nebelmassen bilden, die sich um einen oder mehrere Punkte verdichten. „Wenn wir, sagt A. M. Clerke, über die Entstehung des Planetensystems überhaupt nachdenken wollen, werden wir in der einen oder andern Form immer wieder auf die breiten Umrisse der Nebelhypothese zurückkommen, wenigstens insoweit, daß wir eine ursprüngliche Einheit der Materie und der bewegenden Ursache annehmen.“ Die meisten der beobachteten Nebel sind Spiralnebel; sie bestehen in einer zentralen Verdichtung, von der aus diametral gegenüber liegenden Punkten ein Paar spiralförmiger Arme ausgeht. Ihre Entstehung wird erklärt durch den schrägen Zusammenstoß zweier Sterne, durch den ein so starker Wärmegrad entwickelt wird, daß die ganze Masse der zusammenstoßenden Körper in ein Gas von äußerst geringer Dichtigkeit verwandelt wird. Die Weiterentwicklung dieses Gasnebels läßt sich dann in großen Zügen rekonstruieren auf Grund der morphologischen und spektralanalytischen Klassifikationen, die Herschel und Secchi in bezug auf die Nebel und Fixsterne aufgestellt haben.

[18]) Vgl. Faye, Sur l'Origine du Monde, Paris 1884; K. F. Ginzel, Die Entstehung der Welt nach den Ansichten von Kant bis auf die Gegenwart. Himmel und Erde V, 1893; S. Arrhenius, Das Werden der Welten, 1907; die Vorstellungen vom Weltgebäude im Wandel der Zeiten, 1909. H. Poincaré, Leçons sur les hypothèses cosmogoniques, Paris 1911; O. Knopf, Kosmogenie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften V, 1914, S. 977; derselbe in der „Vierteljahrsschrift der astron. Gesellschaft, 51. Jahrg. 1916, S. 15 ff. Über Kant speziell: G. Eberhard, Die Kosmogenie von Kant, Wien 1893; G. Gerland, J. Kant, seine geographischen und anthropologischen Arbeiten, 1906.

Kosmische Selektion.

Die Selektionstheorie Darwins, die zunächst für das Gebiet der Lebewesen aufgestellt worden ist, nimmt an, daß die jeweils existierenden Arten mit ihren Eigenschaften und eigentümlichen Fähigkeiten eine Auslese darstellen aus einer viel größeren Anzahl von Arten, resp. Eigenschaften, die entstanden sind, aber nur zum Teil, soweit sie den bestehenden Verhältnissen angepaßt waren, sich erhalten konnten.

Im Jahre 1874 übertrug Karl du Prel diese Theorie auf kosmische Verhältnisse, in einem Buch, das betitelt ist: „Der Kampf ums Dasein am Himmel. Die Darwinsche Formel nachgewiesen in der Mechanik der Sternenwelt" (2. Aufl. 1876). Du Prel nimmt die Nebularhypothese als feste wissenschaftliche Basis der spekulativen Astronomie an. Aber er findet, daß eine ganze Reihe von Fragen, nämlich alle, welche sich auf die mechanische Zweckmäßigkeit des Systems beziehen, damit noch keineswegs beantwortet sei; die Nebularhypothese lasse gerade die vom Standpunkte der Teleologie wesentlichen Eigenschaften des Sonnensystems, und der siderischen Systeme überhaupt, unerklärt. Es sei aber der Wissenschaft nicht gestattet, diese Zweckmäßigkeit durch direkte Auslese, durch den Eingriff einer außerweltlichen Ursache, zu erklären; sie sei vielmehr ihrem Begriffe gemäß genötigt und habe gar keine andere Wahl, als das Darwinsche Erklärungsprinzip der indirekten Auswahl des Zweckmäßigen anzuwenden. Ja, da in der Astronomie nur eine Form der Zweckmäßigkeit in Frage stehe, nämlich die rein äußerliche gegenseitige Anpassung der zu einem mechanischen System verbundenen Himmelskörper in bezug auf ihre Gruppierung und Bewegung, so liege das zu lösende Problem hier in weit einfacherer Gestalt vor.

Die zweckmäßige Bewegung der Gestirne, ihre gegenseitige Anpassung, kann, wie Du Prel weiter ausführt, nur dadurch erzielt worden sein, daß unzweckmäßig sich bewegende Gestirne beseitigt wurden, oder wenigstens ihre Bahnen Korrekturen erfuhren. Auch hier ist Zweckmäßigkeit und Erhaltungsfähigkeit gleichbedeutend. Die natürliche Auslese im Kosmos wird von der Gravitation geleitet. Da nach dem Gesetz der Gravitation jede kosmische Unzweckmäßigkeit entweder Störungen, d. h. Bahnveränderungen hervorrufen muß oder auch eine Kollision von Weltkörpern, so liegt es im Wesen der kosmischen Entwicklung, daß auf dem einen oder anderen Wege alle Unzweckmäßigkeiten eliminiert werden. Im Falle der Kollision tritt dies

sofort ein, im Falle der Bahnänderung erst allmählich, weil jede durch blinde Mechanik geschehende Veränderung auf ihre Zweckmäßigkeit erst wieder zu prüfen ist. Daß aber schließlich die zweckmäßige Änderung unfehlbar eintreten muß, ergibt sich aus der Erwägung, daß nicht etwa nur eine zweckmäßige Kombination der Glieder eines Systems möglich ist, sondern sehr verschiedene mechanische Gruppierungen von gleicher Bestandsfähigkeit eintreten können. Jedes Gestirn steht vor der unerbittlichen Alternative, entweder sich dem übrigen System anzupassen oder ausgeschieden zu werden. Ändert es seine Bahn im Sinne der Anpassung, so wird es auf derselben konstant verweilen können, weil es keinen Störungen mehr ausgesetzt ist; denn vollendete Anpassung wird konservativ, d. h. es liegt im Wesen des Zweckmäßigen, sich zu erhalten. „Die zweckmäßige Bewegung ist nur ein Spezialfall aller Bewegung und hat vor jeder anderen Bewegung nur das voraus, konservativ zu sein.“

Da wir nun, schließt Du Prel, in der Tat wissen, daß alle kosmischen Störungen der Gravitation entspringen, so daß sogar der Betrag einer Störung sich nach dem Gesetze der Schwere vorausberechnen läßt, so besitzen wir alles Recht, die bereits konstant gewordenen zweckmäßigen Bewegungen als auf diese indirekte Weise herbeigeführt anzusehen, und die einzige hierfür notwendige Voraussetzung ist die eines hinlänglich langen Entwicklungsprozesses.

In seinem Buch über „Ebbe und Flut“ (deutsch von Pockels 1902) hat sich auch George Howard Darwin für die kosmologische Selektions Theorie Karl du Prels ausgesprochen. Sieht man ab von der Metapher „Kampf ums Dasein“, so wird man in der Tat gegen die Übertragung des Selektions-Prinzip auf kosmische Verhältnisse nichts einwenden können; es gibt die kausal-mechanische Ergänzung zu Laplace's „Mécanique céleste“.

---

6. Kapitel.

Hylogenesis.

Der Entwicklungsgedanke in der Chemie.

Das Objekt der Chemie ist die Materie, und sie versteht unter Materie alles, was sinnlich wahrnehmbar ist. Die Wahrnehmung zeigt aber die Materie in sehr verschiedener Art und Weise, als Holz, Eisen, Glas, Papier, Wasser, Luft, Granit usw. Die Chemie nimmt zunächst, ganz wie die naive unwissenschaftliche Erfahrung, diese Arten der Materie als gegeben hin; es gibt für sie so viele Arten, Daseinsweisen, Modi der Materie, als wir subjektiv wahrzunehmen vermögen[1]).

Offenbar veranlaßt durch die wirklichen oder scheinbaren Veränderungen der Dinge, erhob sich schon in ältester Zeit die Frage, ob nicht die gegenwärtige Mannigfaltigkeit der Materie aus einer früheren „ursprünglichen" Gleichartigkeit hervorgegangen sei, ob nicht alle so verschiedenen Stoffarten aus einer einzigen einheitlichen Ursubstanz entstanden seien. So sucht die mythologische Phantasie der Babylonier und Ägypter wie die philosophische Spekulation der Inder und Griechen das ursprünglich Eine denkend zu erfassen und anschaulich oder begrifflich als das Urwasser, die Urluft, das Urfeuer, als das Unbestimmte oder Ewig-Eine zu bestimmen.

Wie aber kann, das einheitlich Gleichartige an den „Anfang" gesetzt, aus ihm das mannigfaltig Verschiedenartige werden?

Außer Stande, diese Frage zu beantworten, sehen sich die Nachfolger der Thales, Anaximander, Anaximenes und Heraklit genötigt, entweder die Vielheit der Dinge überhaupt zu leugnen, wie Parmenides,

---

[1]) Zum Folgenden im allgemeinen: Kopp, Geschichte der Chemie, 1843 bis 1847; E. v. Meyer, Geschichte der Chemie, 4. A. 1914; W. Ostwald, Der Werdegang einer Wissenschaft, 1908; L. Meyer, Grundzüge der theoretischen Chemie, 4. A. bearb. von Rimbach, 1907; Th. Svedberg, Die Materie, deutsch von H. Finkelstein, 1914.

oder anstatt des einen mehrere oder viele Urstoffe, „Elemente“, an den Anfang zu setzen und aus deren verschiedenartiger und verschiedengradiger Mischung die Mannigfaltigkeit der Dinge abzuleiten. Dies tat Empedokles von Agrigent (492—432). Nicht ein, sondern vier Elemente sind es, die nach seiner Lehre den Bau der Welt zusammensetzen: Feuer, Erde, Wasser, Luft. Der Umstand, daß Empedokles seine vier Elemente mit den verschiedensten Namen benennt, legt die Auffassung nahe, daß er darunter nicht das Feuer usw. im gewöhnlichen empirischen Sinne verstand. „Aus diesen Elementen, den Wurzeln der Dinge, entsproßt alles, was da war, ist und sein wird, Bäume und Männer und Weiber und Tiere und selbst Götter, langlebige, an Ehren reiche. Wie wenn Maler bunte Weihetafeln verfertigen und dazu vielfarbige Gifte mit ihren Händen ergreifen und harmonisch mischen, von dem einen mehr, von dem andern weniger, woraus sie Gestalten hervorbringen, die allem Möglichen gleichen.“ Entstehung ist Mischung, Vergehen ist Entmischung, Auflösung der Mischung, Veränderung ist teilweise Mischung und Entmischung der Elemente.

Von Empedokles übernahmen Platon und Aristoteles die Vierzahl der Elemente, indem sie noch den Äther als „quinta essentia“ hinzufügten, und ihre mächtige Autorität überlieferte sie der Nachwelt als Dogma. Platon leitet sie von einer unsichtbaren, gestaltlosen Urmaterie ab und läßt sie sich ineinander umwandeln[2]. „Wir sehen das Wasser sich zu Steinen verdichten und Erde werden, aber dann verdünnt es sich wieder, löst sich auf zu Dunst und Luft. Die Luft, entzündet, wird Feuer. Dieses, zusammengesunken und verlöscht, geht wieder in Luft über. Vereinigt sich die Luft, so verdichtet sie sich zu Wolken und Nebel. Werden diese noch stärker zusammengedrängt, so entströmt ihnen das Wasser, das sich wieder zu Steinen und Erden gestaltet. Wir sehen so einen Kreislauf, einen Übergang des einen zum andern herbeigeführt“.

Aristoteles definiert: „Ein Element ist derjenige Körper, in welchen die übrigen Körper zerlegt werden können, der in ihnen potentiell oder aktuell enthalten ist, und der nicht mehr in andere, ähnliche Arten geteilt werden kann“[3]. Die naheliegende Frage, warum gerade nur vier Elemente existieren, beantwortet der um keine Antwort verlegene

[2]) Platons Timaeus. Deutsch von H. Müller, 1857, S. 170 und 168. — [3]) Aristoteles, Über das Himmelsgebäude. Deutsch von C. Prantl, 1857, Buch III, Kap. 5.

Philosoph folgendermaßen: Die zahllosen Eigenschaften der Materie lassen sich auf vier Grundeigenschaften zurückführen: das Warme, Kalte, Trockene und Feuchte. Diese vier gestatten an sich sechs paarige Kombinationen, von denen aber zwei in Wegfall kommen, da Gegensätze wie warm und kalt, trocken und feucht keine Vereinigung gestatten. Es bleiben demnach vier Paare übrig: das Trockne-Warme, Trockne-Kalte, Feuchte-Warme und Feuchte-Kalte. Die Substanzen dieser vier Eigenschaftspaare sind die vier Elemente Feuer, Erde, Luft und Wasser. Die Zweiheit der Eigenschaften eines jeden Elements und die Gemeinschaftlichkeit einer jeden Eigenschaft in zwei Elementen gibt dem Philosophen die Möglichkeit, die Elemente sich ineinander umwandeln zu lassen: wird die Kälte des Wassers durch Wärme aufgehoben, so entsteht aus Wasser Luft; wird die Feuchtigkeit der Luft durch das Trockne verdrängt, so entsteht Feuer. Derselbe Prozeß kann auch umgekehrt verlaufen. So kann aus Allem Alles entstehen[4]).

Aristoteles ist der geistige Urheber der Alchemie, die überzeugt war, daß Natur und Kunst eine „transmutatio“ der Stoffe, insbesondere der Metalle herbeiführen könne. Wie noch zu Anfang des 19. Jahrhunderts von den Tieren in bezug auf den Menschen, so heißt es in einer Kosmographie des 13. Jahrhunderts von den Metallen in bezug auf das Gold: „Die Metalle haben in ihrer Entwicklung einen Anfang und ein Ende. Ersteres ist das Quecksilber, letzteres das Gold, das die vollkommensten Eigenschaften aller Metalle in sich vereinigt und unter ihnen die gleiche Stellung einnimmt wie der Mensch unter den Tieren. In der Mitte der Entwicklung stehen die anderen Metalle. Ihre Eigenschaften verwandeln sich allmählich, bis wir zum Golde kommen. In der Natur tritt das aber nicht ein, weil die Metalle in den Gruben schädlichen Einflüssen ausgesetzt sind, durch welche sie auf einer bestimmten Stufe ihrer Entwicklung stehen bleiben. Daß alle Metalle ein und dieselbe Substanz sind in verschiedenen Stufen der Entwicklung, folgt daraus, daß alle Metalle im Feuer schmelzen und sich in Quecksilber verwandeln. Kühlt man sie ab, so zeigen sie wieder ihre ursprüngliche Verschiedenheit.“ Den Begriff der Entwicklungsstufen macht der Alchemist klarer durch einen Vergleich: „Das Gold gleicht dem zur Reife gelangten Pfirsich, das Quecksilber aber ist die

---

[4]) Aristoteles, Über Entstehen und Vergehen. Deutsch von C. Prantl, 1857.

Knospe im Moment des Aufbrechens"[5]). Nach Thomas von Aquino ist die Umwandlung der Metalle erst dann möglich, wenn sie zur Ursubstanz reduziert werden. Wenn auch die Reduktion im allgemeinen nur durch Naturkräfte bewirkt werde, so sei doch auch die künstliche Herstellung nicht ausgeschlossen.

Die Bemühungen der Alchemisten blieben in Hinsicht auf ihren vorgestellten Zweck, unedle Metalle in Gold zu verwandeln, ohne Erfolg; aber sie machten, unbewußt, das Experiment zur Grundlage der chemischen Forschung, und die alchemistischen Experimente führten langsam, aber sicher zu der Erkenntnis, daß weder die aristotelischen, noch auch die alchemistischen „Elemente", als welche man — zuerst in einem völlig realen, dann in einem metaphorischen Sinn — Quecksilber, Schwefel und Salz angenommen hatte, ineinander verwandelbar seien. In dieser Erkenntnis vernichtete die Alchemie sich selbst, oder vielmehr: sie verwandelte sich in die Chemie als experimentelle Wissenschaft. Roger Bacon (1214—1294), Paracelsus (1493—1541), Joachim Jungius (1587—1657) und endlich Robert Boyle (1627 bis 1691) bezeichnen die Hauptetappen, auf denen sich diese Umwandlung schließlich vollendete. Boyle zuerst hob (1661) die Notwendigkeit hervor, daß sich die Chemie, ohne sich um die letzten Bestandteile der Körper zu kümmern, zunächst einmal damit begnügen müsse, die für sie unzerlegbaren Bestandteile kennenzulernen, die für sie allein als Elemente in Betracht kommen könnten. Element im Sinne von Robert Boyle ist also ein Stoff, der nicht weiter in noch einfachere zerlegt werden kann. Damit war „Element" aus einem spekulativen zu einem experimentellen Begriff geworden. Lavoisier (1743—1794), der diesen Begriff des Elements bestätigte, fügte hinzu: „Nicht, weil wir bestimmt sagen könnten, daß diese Körper nicht etwa selbst aus zwei oder mehreren Grundstoffen bestehen, sondern weil wir kein Mittel haben, um sie zu zerlegen, verhalten sie sich uns gegenüber als Elemente, und wir dürfen sie erst dann als Verbindungen auffassen, wenn uns Experiment und Beobachtung den Beweis dafür erbracht haben"[6]).

In dieser Bedeutung genommen wurden bis zur Gegenwart gegen hundert Elemente konstatiert. Alle Stoffe, die nicht Elemente sind,

---

[5]) Vgl. E. Wiedemann, Sitzungsberichte der Erlanger physikalisch-medizinischen Sozietät, Bd. 34, 1904, S. 55. — [6]) Lavoisier, Traité de Chimie, 1789. Deutsch von S. F. Hermbstädt u. d. T. „System der antiphlogistischen Chemie", Berlin 1792, Bd. I, Einleitung, S. 10.

gelten als Verbindungen oder als Mischungen von Elementen und Verbindungen. Daß genau charakterisierte Substanzen stets in gleicher Weise zusammengesetzt sind, hatten die quantitativen Feststellungen von Klaproth (1743—1817) und Vauquelin (1763—1829) gezeigt. Proust (1755—1826) verallgemeinerte diese empirische Erkenntnis zu der Lehre von der konstanten Zusammensetzung chemischer Verbindungen überhaupt. John Dalton (1766—1844) untersuchte die quantitative Zusammensetzung des Sumpfgases und des ölbildenden Gases und fand, daß bei einer bestimmten Menge Kohlenstoff im Sumpfgas gerade doppelt soviel Wasserstoff enthalten ist als im ölbildenden Gas. Ähnliche Verhältnisse fand er, als er das Kohlenoxyd und Kohlendioxyd (die Kohlensäure), sowie eine Reihe von Stickoxyden untersuchte. In Verallgemeinerung dieser und ähnlicher Untersuchungen ergab sich das „Gesetz von den konstanten und multiplen Proportionen", nach welchem die Mengen der Elemente in verschiedenen Verbindungen Vielfache ganzer Zahlen sind, die für jedes Element konstant sind. In dem Bestreben, diesem Gesetz eine substantielle Grundlage zu geben, sah sich Dalton genötigt, eine Theorie zu erneuern, die eben so alt war wie die Lehre von den Elementen, nämlich die Lehre von den Atomen.

Die Atome.

Um dieselbe Zeit, da Empedokles die Elementlehre schuf, begründeten Leukipp und Demokrit die Atomlehre. Entstehen und Vergehen war auch für sie nur die Veränderung eines immer Bestehenden. „Aus nichts wird nichts. Nichts was ist, kann zu nichts werden. Alle Veränderung ist nur Verbindung und Trennung von Teilen." Dies ihr Grundsatz. Sie nannten ihre Urteilchen „Atome", die Unteilbaren, Einfachen, und behaupteten: „Nichts existiert als Atome und der leere Raum, in dem sie sich bewegen." Die Atome sind unendlich an Zahl und von unendlicher Verschiedenheit in der Form; eine qualitative materielle Verschiedenheit besitzen sie nicht. Die Verschiedenheit der Dinge beruht auf verschiedener Zahl, Größe, Gestalt, Lage und Anordnung der Atome. Aristoteles veranschaulicht den Unterschied der demokritischen Atome hinsichtlich ihrer Gestalt durch die Gegenüberstellung der griechischen Lautbilder *A* und *N*, hinsichtlich ihrer Lage durch die Umdrehung des *N* zu *Z*, und hinsicht-

lich ihrer Anordnung durch das Doppelbild *AN* und *NA*. Da alle Atome aus dem gleichen Stoff bestehen, so muß ihr Gewicht ihrer Größe genau entsprechen. Wenn also zusammengesetzte Körper bei gleicher Größe verschiedenes Gewicht haben, so kann dies nur darin seinen Grund haben, daß in dem einen der leere Raum im Verhältnis zum vollen, den die Atome einnehmen, größer ist als im andern. Alles Entstehen ist Vereinigung getrennter, alles Vergehen Trennung verbundener Atome — Integration und Disintegration, „Entwicklung und Auflösung", nennt es später Herbert Spencer. Alle Arten von Veränderungen der Stoffe sind teils hierauf, teils auf Veränderung der Lage und Anordnung der Atome zurückzuführen.

Von Demokrit übernahm Epikur (341—271) die Atomlehre. Er denkt sich die Atome ganz ebenso wie Demokrit, nur glaubt er mit einer begrenzten, wenn auch großen Zahl von Gestaltsunterschieden der Atome auskommen zu können. In seinem berühmten Lehrgedicht „über die Natur" hat uns der Römer Lukretius Carus die ausführlichste Darstellung der demokritisch-epikurischen Atomlehre hinterlassen, die wir besitzen. Seine geistvolle Darstellung läßt uns erkennen, daß Epikur, wie jedenfalls schon Demokrit, ihre Lehre nicht einfach erdacht, sondern ihrem Grundsatz gemäß aufgestellt und durchgeführt haben, daß das echte Naturstudium nicht willkürlich neue Gesetze aufstellen dürfe, sondern sich überall auf die wirklich beobachteten Vorgänge gründen müsse[7]).

Die Atome — so wird behauptet — sind so klein, daß wir sie nicht sehen können; an ihrer Existenz ist gleichwohl nicht zu zweifeln, gibt es doch genug Dinge, sagt Lukrez, die unleugbar vorhanden sind, obgleich kein Auge sie sehen kann. Gewänder, die man am Ufer des Meeres aufhängt, werden feucht; sie trocknen, wenn man sie den Sonnenstrahlen aussetzt. Wie sie das Wasser einziehen und wie es verdunstet, entzieht sich unserem Auge, also muß sich das Naß in kleine flüchtige Teile auflösen, die nicht mehr wahrnehmbar sind. Der Ring am Finger wird mit der Zeit dünner, der Tropfen hölt den Stein, die Erde des Ackers reibt die Pflugschar ab, die Hände des ehernen Götterbildes verkleinern sich durch die Berührung der Frommen: es ist ganz augenscheinlich, daß sie sich vermindern, an Stoff

[7]) Über Epikurs und Lukrez' Atomlehre vgl. H. Schmidt, Epikurs Philosophie der Lebensfreude; „Über die Natur" (De rerum natura) von Lukrez, deutsch von Knebel (Reclam).

verlieren; aber wie dies geschieht und welche Teilchen davon genommen werden, das ist unseren Augen verborgen.

Die Gestalt der Atome muß unbestimmbar mannigfaltig sein, weil sich sonst die zahllosen Unterschiede in den Dingen nicht erklären lassen; aber sie braucht nicht als unbegrenzt angenommen zu werden, genügen doch auch die wenigen Zeichen des Alphabets, um daraus zahllose Schriftwerke und Literaturen zusammenzustellen.

Die Atome — so lautet die Behauptung — befinden sich in unaufhörlicher Bewegung. Auch das ist keine willkürliche Annahme, sondern gründet sich auf die Beobachtung tatsächlicher Vorgänge. Beobachtet man ein Bündel Sonnenstrahlen zwischen den Schatten der Häuser, so sieht man da zahllose winzige Teilchen durcheinander wirbeln, häufig miteinander zusammenstoßend und durch den Stoß sich wieder voneinander entfernend. Man sieht die Teilchen ihre Richtung wechseln und umkehren, bald dahin, bald dorthin, ohne Ruhe nach allen Seiten. Die verborgene Ursache dieser ungeordneten Bewegung kann nur in den Atomen liegen. Diese bewegen sich spontan, durch ihre Stöße werden Körper in Bewegung gesetzt, die aus kleinen Anhäufungen von Atomen gebildet sind, und diese wieder bringen ein wenig größere Körperchen in Gang, bis endlich auch — ohne sichtbaren Antrieb — jene Teile in Bewegung geraten, die wir im Sonnenlichte sehen können[8]).

Mit Recht bemerkt R. Pohl zu dieser Stelle: „Man braucht nicht zu behaupten, daß Lukrez die Beugungsbilder kleiner Staubteilchen gesehen hat, die in wirklicher Brownscher Molekularbewegung herumirren, obwohl dies nach neueren Beobachtungen im hellen Sonnenlichte auch dem unbewaffneten Auge möglich ist; man kann zwar zugeben, daß Lukrez hier nur die thermische Bewegung des Staubes durch kleine Konvektions-Strömungen der Luft falsch interpretiert hat, die Art aber, wie er aus dem Gestoßenwerden sichtbarer Staubsuspensionen auf die Existenz kleiner, dem Auge unsichtbarer und ständig bewegter Atome schließt, gleicht unserer heutigen Beweisführung erstaunlich.“

Wundere dich nicht, so beschwichtigt Lukrez die Bedenken seines Lesers, daß bei dem beständigen Umhertreiben der Atome das Ganze, das aus ihnen besteht, dennoch unbeweglich starr erscheint. Da die Atome unsichtbar klein sind, entzieht sich auch ihre Bewegung dem

[8]) De rerum natura II, 114—141, deutsch von R. Pohl. Die Naturwissenschaften I, 1913, S. 527.

Auge. Eine Schafherde erscheint uns auch, aus weiter Ferne gesehen, als ein heller Fleck auf grünem Rasen, und es ist in ihr doch alles in lebendigster Bewegung.

Aristoteles hat den Atomisten das durchaus gerechtfertigte Lob gespendet, sie hätten mehr als andere die Naturvorgänge in methodischer und einheitlicher Weise zu erklären versucht; aber er lehnt — aus nichtigen Gründen, wie Gomperz darlegt[9]) — ihre Atomlehre ab, und seine Autorität, zusammen mit der „Gottlosigkeit" der Atomisten hat genügt, die Atomistik für Jahrhunderte zu ächten. Für Augustinus sind die atomistischen Theorien Dinge, deren bloße Erwähnung auch für den Stumpfsinnigsten hinreichen würde, sie mit Hohngelächter zu verwerfen. Als das Hohngelächter nicht half, die immer wieder auftauchende Atomistik zu unterdrücken, versuchte man es mit Gewalt. Noch im Jahre 1624 verbot das französische Parlament auf Betreiben der theologischen Fakultät an der Universität Paris, der Sorbonne, die Erörterung der Atomlehre bei Todesstrafe[10]).

Im bewußten Anschluß an Demokrit und Epikur hatte 1619 Daniel Sennert in Deutschland die Atomistik erneuert. Ausdrücklich behauptet er, daß auch die lebenden Wesen, Pflanzen und Tiere, aus Atomen zusammengesetzt seien. Bei allen chemischen Prozessen, natürlichen wie künstlichen, finde nichts anderes statt als eine Zerlegung der Körper in ihre kleinsten Teile und darauf eine Neuverbindung. Veränderungen eines Körpers haben ihren Grund darin, daß die Atome fremder Körper in seinen Zusammenhang eintreten.

In Frankreich war es um dieselbe Zeit Sebastian Basso, der es wagte, „die gleichsam vergrabene Wahrheit (der Atomistik) wieder ans Licht zu bringen, die riesigen Felsmassen, welche den Weg zur Wahrheit versperrten, wegzuräumen oder doch durch die stets wiederholten Schläge der Disputationen so stark zu erschüttern, daß es nicht mehr schwer war, durch ihre Entfernung einen bequemen Weg zur Wahrheit zu eröffnen." Die vollständigste Erneuerung der Atomistik gab jedoch erst Pierre Gassendi im Jahre 1649, und von da an verschwand sie nicht wieder aus dem Bewußtsein der wissenschaftlich interessierten Welt. Robert Boyle legte sie seinen Erklärungen chemischer Prozesse zugrunde; zum unveräußerlichen Besitztum der

---

[9]) Th. Gomperz, Griechische Denker III, 1901, S. 86. — [10]) Vgl. dazu und zum folgenden K. Laßwitz, Geschichte der Atomistik vom Mittelalter bis Newton, 1890.

Chemie wurde sie jedoch erst durch Dalton und seine Nachfolger, die in ihr die Grundlage zunächst für das Gesetz der multiplen Proportionen, weiterhin aber für die gesamte moderne Chemie erkannten. Im Jahre 1808 konnte Dalton von dem „allgemein angenommenen Schluß" sprechen, „daß alle Körper aus einer ungeheuren Anzahl äußerst kleiner Teilchen bestehen, welche miteinander durch eine je nach den Umständen stärkere oder schwächere Kraft verbunden sind", und an einer anderen Stelle bemerkt er: „Die chemische Analyse und Synthese geht nicht weiter als bis zur Trennung der Atome und ihrer Wiedervereinigung. Keine Neuerschaffung oder Zerstörung des Stoffes liegt im Bereich chemischer Wirkung. Wir könnten ebensogut versuchen, dem Sonnensystem einen neuen Planeten einzuverleiben, oder einen vorhandenen zu vernichten, als ein Atom Wasserstoff zu erschaffen oder zu zerstören. Alle Änderungen, welche wir hervorbringen können, bestehen in der Trennung von Atomen, welche vorher verbunden, und in der Vereinigung solcher, welche vorher getrennt waren"[11]. Ganz wie Demokrit und Epikur. Während aber Demokrit eine unendliche Verschiedenheit der Atome angenommen hatte, behauptete Dalton: Die Atome eines Elementes sind einander gleich; es gibt also nur soviel verschiedene Arten von Atomen, als Elemente vorhanden sind.

Dalton versuchte auch, aus den Gewichtsverhältnissen, in denen die Elemente zu Verbindungen zusammentreten, die relativen Atomgewichte der Elemente zu bestimmen, indem er das Gewicht des leichtesten Elements, des Wasserstoffs, zur Einheit nahm. Diese Arbeit ist später mit immer größerer Genauigkeit fortgesetzt worden und noch heute nicht völlig vollendet.

Die Atome selbst stellte sich Dalton als kleine Kugeln vor und bildete sie auch als solche ab durch kleine Kreise. Durch Einfügung verschiedener Zeichen unterschied er die Atome verschiedener Elemente. So bedeutete in seiner chemischen Zeichensprache: ○ ein Atom Sauerstoff, ⊙ Wasserstoff, ⦶ Stickstoff, ⊕ Schwefel. Die Atome der Metalle bezeichnete er durch Kreise, in die er die Anfangsbuchstaben der Elementnamen einzeichnete. Berzelius ließ die Kreise weg und bezeichnete alle Elemente mit dem Anfangsbuchstaben ihrer Namen: H = Wasserstoff (Hydrogenium), O = Sauerstoff (Oxygenium), N = Stickstoff (Nitrogenium), C = Kohlenstoff (Carbo) usw.

[11]) J. Dalton, New System of chemical philosophy, 1808.

Um eine Verbindung zu bezeichnen, schrieb man diese Symbole einfach nebeneinander. Die Anzahl der Atome wurde durch eine vorgesetzte oder angehängte Ziffer bezeichnet: 2H, H_2, H^2, HH. Die zweite Bezeichnung ist gegenwärtig am häufigsten in Gebrauch. H_2O bedeutet nach dieser Formelsprache ein kleines Teilchen Wasser, das aus 2 Atomen Wasserstoff und einem Atom Sauerstoff besteht.

Bald nach Dalton machte sich eine Erweiterung der Atomlehre insofern nötig, als verschiedene Tatsachen zu der Annahme drängten, daß die Atome zumeist nur in Gruppen von zweien und mehreren auftreten. Diese Gruppen — Moleküle — bestehen entweder aus gleichartigen Atomen, wie bei den Elementen, oder aus den ungleichartigen Atomen verschiedener Elemente, wie bei den Verbindungen. Die Moleküle der Metalle bestehen nur aus einzelnen Atomen. Verschiedene Tatsachen lassen vermuten, daß bei genügend hoher Temperatursteigerung alle Elemente einatomige Molekeln bilden, oder umgekehrt ausgedrückt: daß die vorher freien Atome erst infolge Temperaturerniedrigung zu Molekeln zusammentreten[12]).

Obgleich die Lehre von den Atomen und Molekülen ihre Fruchtbarkeit und ihren Erklärungswert tausendfach erwies, obgleich im Grunde genommen jede chemische Operation eine Verifikation dieser Lehre bedeutete, wurde die reale Existenz der Atome und Moleküle von Philosophen und philosophierenden Naturforschern doch immer wieder bestritten. Fechner bemühte sich 1855, die Gründe darzulegen, welche zur Annahme der Atomlehre zwingen, und die Bedenken dagegen zu zerstreuen[13]). Vergebens! Am Ende des 19. Jahrhunderts waren die Atome und Moleküle „endgültig“ als bloße „Fiktionen“, noch dazu unnötige, entlarvt. Gegenwärtig ist ihre Existenz endgültig sichergestellt durch experimentellen Beweis. Die körnige Struktur der Materie, die Realität der Atome und Moleküle ist eine Tatsache. Demokrit und Dalton sind in glänzender Weise gerechtfertigt, wenn auch nicht in allen ihren Annahmen[14]).

Dalton hatte die Einfachheit der Atome und die Konstanz der Elemente behauptet. Gegenüber der letzteren Annahme erhob sich

[12]) L. Meyer, Grundzüge der theoretischen Chemie, 4. A. 1907, S. 39 f. — [13]) Th. Fechner, Über die physikalische und philosophische Atomenlehre, 1855. — [14]) Vgl. W. Mecklenburg, Die experimentelle Grundlegung der Atomistik, 1910; Th. Svedberg, Die Existenz der Moleküle, 1912; J. Perrin, Die Atome, deutsch von A. Lottermoser, 1914; H. Rubens, Die Entwicklung der Atomistik 1913.

bald nach Dalton wieder das Bedürfnis, die Vielheit der Elemente auf eine letzte Einheit zurückzuführen. 1815 bemerkte der Engländer Prout, daß die Atomgewichte vieler Elemente das Vielfache vom Atomgewicht des Wasserstoffs zu sein scheinen. Wahrscheinlich sei also der Wasserstoff der Urstoff, aus dem alle anderen Elemente durch Zusammensetzung entstanden seien. Die zur Prüfung dieser Annahme angestellten Untersuchungen von Berzelius, Turner, Marignac und Stas ergaben jedoch, daß die Atomgewichte vieler Elemente zwar nahezu, aber nicht genau rationale Vielfache von dem des Wasserstoffs sind. Die Proutsche Hypothese wurde deshalb verworfen, damit vielfach der Entwicklungsgedanke in der Chemie überhaupt.

Die natürliche Klassifikation der Elemente.

Indessen hatte man schon in früherer Zeit chemisch ähnliche Elemente zu natürlichen Familien vereinigt, so z. B. die sogenannten Alkalimetalle Lithium, Natrium und Kalium, ferner Aluminium, Chrom und Eisen. Im Jahre 1829 wies J. W. Doebereiner darauf hin, daß die Atomgewichte der zu einer Familie vereinigten Elemente gewisse Regelmäßigkeiten aufweisen. So z. B. steigt das Atomgewicht vom Lithium zum Natrium um 16, nämlich von 7 auf 23, und vom Natrium zum Kalium wieder um 16, von 23 auf 39. Doebereiner stellte mehrere derartiger Gruppen fest und nannte sie „Triaden". 1850 las Max Pettenkofer in der Münchener Akademie eine Abhandlung „über die regelmäßigen Abstände der Äquivalentzahlen der sogenannten einfachen Radikale", deren Grundgedanken er selbst später (1858) in den folgenden Sätzen ausdrückte: „1. Die Äquivalentzahlen der unorganischen Elemente, welche natürliche Familien oder Gruppen bilden, zeigen unter sich ebenso konstante Differenzen, wie die Äquivalentzahlen der organischen zusammengesetzten Radikale, welche zu einer natürlichen Gruppe gehören. 2. Die einfachen unorganischen Elemente können deshalb vom Standpunkte der zusammengesetzten organischen Radikale aufgefaßt werden"[15].

1853 veröffentlichte J. H. Gladstone eine Abhandlung „über die Beziehungen zwischen den Zahlenwerten der Atomgewichte analoger Elemente", worin er die Atomgewichte aller Elemente nach der

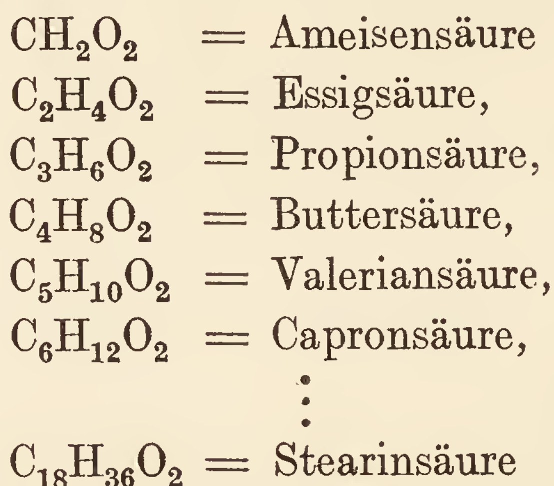
[15]) Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 66: Die Anfänge des natürlichen Systems der Elemente. Abhandlungen von Doebereiner und Pettenkofer, hgg. von L. Meyer, 1895.

Größe ihrer Zahlenwerte ordnete. Dabei macht er besonders darauf aufmerksam, daß in der so entstehenden Reihe die Elemente unregelmäßig verteilt sind, indem an manchen Stellen große Lücken vorhanden, an andern die Elemente nahe zusammengedrängt sind. Eine solche Gruppierung könne nicht zufällig sein. Josiah P. Cooke, der im Jahre 1854 eine neue Systematik aufstellte, bildete sechs Gruppen von Elementen und betonte, daß in jeder Gruppe zusammengehöriger Elemente die Eigenschaften von Glied zu Glied in regelmäßiger Weise sich ändern. 1857 veröffentlichte W. Odling einen Aufsatz „on the natural groupings of the Elements", 1862 und 1863 hielt Béguyer de Chancourtois vor der Pariser Akademie der Wissenschaften Vorträge über „eine natürliche Klassifikation der einfachen Körper oder Radikale", seit 1864 ordnete John A. R. Newlands wie Gladstone die Elemente nach der Größe ihres Atomgewichts. 1864 schrieb Lothar Meyer: „Die eigentümlichen regelmäßigen Beziehungen, welche seit langem zwischen den Atomgewichten der verschiedenen Elemente aufgefunden wurden, haben, namentlich in den letzten Jahren, wiederholt die Behandlung der Frage veranlaßt, ob nicht unsere Atome selbst wieder Vereinigungen von Atomen höherer Ordnung, also Atomgruppen oder Moleküle seien. In der Tat hat letztere Ansicht eine außerordentlich große Wahrscheinlichkeit für sich, da die Atomgewichte gewisser Gruppen untereinander nahe verwandter Elemente ganz ähnliche Beziehungen untereinander darbieten, wie z. B. die Molekulargewichte gewisser Reihen organischer Verbindungen analoger Konstitution"[16]). Fast gleichzeitig stellten dann 1868 und 1869 Lothar Meyer und Dimitri Mendelejeff ein „natürliches", nach steigendem Atomgewicht angeordnetes System der Elemente auf mit dem Hinweis, daß die so geordneten Elemente eine stufenweise Abänderung in ihren Eigenschaften zeigen, genauer noch, daß dieselben oder ähnliche Eigenschaften in gewissen Abständen — Perioden — wiederkehren. Die Ähnlichkeit „verwandter" Elemente kommt auch in ihren Verbindungen zum Ausdruck. „Und so deutet das Chor auf ein geheimes Gesetz" . . . Lothar Meyer fügte 1870 hinzu: „Wenn diese Regelmäßigkeiten unmöglich reines Spiel des Zufalls sein können, so müssen wir uns andererseits gestehen, daß wir mit der empirischen Ermittelung derselben noch keineswegs den Schlüssel zur Erkenntnis ihres inneren ursächlichen Zusammenhangs

[16]) L. Meyer, Die modernen Theorien der Chemie, 1. A. 1864, S. 135.

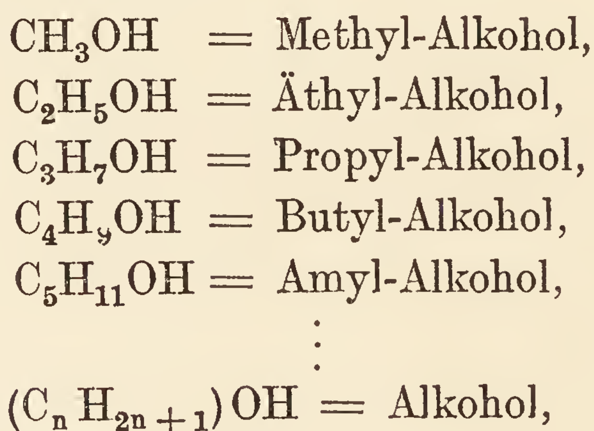
gefunden haben. Aber es scheint wenigstens ein Ausgangspunkt gewonnen zu sein für die Erforschung der Konstitution der bis jetzt unzerlegten Atome, eine Richtschnur für fernere vergleichende Untersuchung der Elemente.“ Die objektive Richtigkeit des natürlichen Systems der Elemente wurde namentlich von Mendelejeff bewiesen, indem er auf Grund desselben die Entdeckung neuer Elemente unter Angabe ihrer Eigenschaften voraussagte, unrichtig bestimmte Atomgewichte rein theoretisch zutreffend richtig stellte usw[17]).

Eine bedeutungsvolle Parallele zu dem natürlichen System der Elemente stellen, worauf zuerst Lothar Meyer 1864 hinwies, die „homologen“ Reihen der sogenannten „organischen“ Chemie dar. Die einfachsten Beispiele dafür sind die homologen Reihen der Fettsäuren, der Alkohole und der Kohlenwasserstoffe. Die Reihe



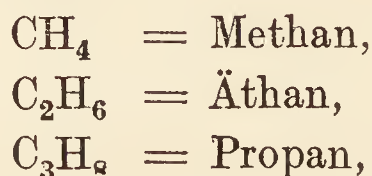
CH_2O_2 = Ameisensäure
$C_2H_4O_2$ = Essigsäure,
$C_3H_6O_2$ = Propionsäure,
$C_4H_8O_2$ = Buttersäure,
$C_5H_{10}O_2$ = Valeriansäure,
$C_6H_{12}O_2$ = Capronsäure,
⋮
$C_{18}H_{36}O_2$ = Stearinsäure

umfaßt eine Verbindungskette, deren Glieder sich stufenweise um die Differenz CH_2 unterscheiden; ihre allgemeine Formel ist also $C_n H_{2n} O_2$. Dasselbe gilt für die Alkohole:



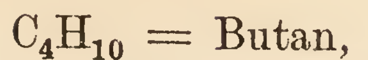
CH_3OH = Methyl-Alkohol,
C_2H_5OH = Äthyl-Alkohol,
C_3H_7OH = Propyl-Alkohol,
C_4H_9OH = Butyl-Alkohol,
$C_5H_{11}OH$ = Amyl-Alkohol,
⋮
$(C_n H_{2n+1})OH$ = Alkohol,

und für die Kohlenwasserstoffe:

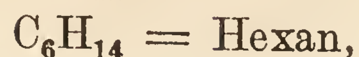


CH_4 = Methan,
C_2H_6 = Äthan,
C_3H_8 = Propan,

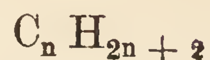
[17]) Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften, Nr. 68: Das natürliche System der Elemente. Abhandlungen von L. Meyer und D. Mendelejeff, hgg. von K. Seubert, 2. A. 1913.


C_4H_{10} = Butan,


C_5H_{12} = Pentan,


C_6H_{14} = Hexan,

⋮

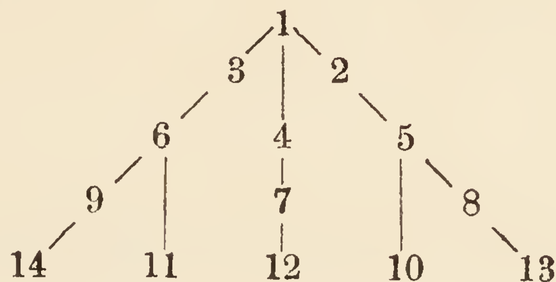

$C_n H_{2n+2}$

Mit steigender Größe der Moleküle erfahren die physikalischen Eigenschaften der Verbindungen, die zu einer homologen Reihe gehören, gesetzmäßige Veränderungen, so die Dichte, der Siedepunkt, der Schmelzpunkt, das Brechungsvermögen, die, vom Schmelzpunkt abgesehen, bei den Gliedern einer homologen Reihe mit wechselndem Kohlenstoffgehalt proportional ansteigen.

Die Tatsache der homologen Reihen und die Erkenntnis ihrer Gesetzmäßigkeiten läßt ebenso wie das natürliche System und periodische Gesetz der Elemente deduktive Schlüsse zu. Weist eine homologe Reihe eine Lücke auf, so ist damit die Existenz einer noch nicht aufgefundenen Verbindung angedeutet, und die chemischen und physikalischen Eigenschaften dieser noch zu entdeckenden Verbindung sind mit Sicherheit vorauszusagen. — Das analoge Verhalten der homologen Reihen und der periodischen Elementreihen läßt auf analoge Konstitution schließen, d. h. die Abstufung der Eigenschaften einer Elementgruppe mit steigendem Atomgewicht muß einer ähnlichen Ursache zugeschrieben werden, wie die stufenweise Eigenschaftsveränderung einer homologen Reihe, d. h. auch die Glieder der periodischen Reihen der Elemente müssen wohl Verbindungen einfacherer Bestandteile sein, die sich in gesetzmäßiger Weise zunehmend komplizieren.

Im Jahre 1893 hat Wilhelm Preyer versucht, ein genetisches System der Elemente zu begründen. Dasselbe nimmt sowohl die Familien des natürlichen Systems von Mendelejeff, als auch das periodische Gesetz von Lothar Meyer vollständig in sich auf und behält die zuerst von Newlands erkannte Siebenteilung bei.

Preyer stellt auch eine „Stammtafel der Elemente" auf, die folgende Form hat:



Hier bezeichnet 1 eines der sieben auf den Wasserstoff folgenden Elemente des natürlichen Systems (Lithium, Beryllium, Bor, Kohlenstoff, Stickstoff, Sauerstoff, Fluor), welche der Voraussetzung nach durch Kondensation entstanden sind.

Jedes dieser sieben Elemente, welche zusammen die erste Verdichtungsstufe und zugleich die erste Generation im Stammbaum repräsentieren, liefert durch weitergehende Verdichtung ein dichteres, im ganzen die Stufe 2, die Elemente der zweiten Periode des natürlichen Systems, und so fort bis zur 14. Periode. Die Elemente 2, 3, 4 leitet Preyer „entweder aus 1 oder aus verdichtetem Wasserstoff und Urmaterie zugleich mit 1 entstanden“ ab, 5 aus 2, 6 aus 3, 7 aus 4, 10 und 8 aus 5, 9 und 11 aus 6, 12 aus 7, 13 aus 8, 14 aus 9. „Es finden derartige Umwandlungen möglicherweise auf anderen Weltkörpern, in der Sonne z. B., noch jetzt statt, und wenn auch die Elemente an der Erdoberfläche unveränderlich erscheinen, so können doch unter anderen Druck- und Temperaturverhältnissen als jetzt erzielbar sind, möglicherweise jene Prozesse im Kleinen dermaleinst künstlich nachgeahmt werden.“ Die Richtigkeit seiner Stammtafel sucht Preyer durch einen durchgeführten Vergleich der Atomgewichte, Volumgewichte, Atomvolume, spezifischen Wärme, Atomwärme, Volumwärme, elektrochemischen Spannung, des Magnetismus und der Wertigkeit zu begründen[18]).

Die Spektren der Elemente.

Ein weiteres Anzeichen für den komplizierten Bau der Elemente ist der komplizierte Bau ihrer Spektren[19]). Jedes Element erzeugt im Spektrum eine gewisse Zahl von Linien. Die Anzahl der Spektrallinien vermehrt sich in dem Maße, als die betreffenden Elemente einer höheren Gruppe des natürlichen Systems angehören. Während ihre Zahl für Lithium, Natrium und Kalium 20, 35 und 41 beträgt, hat man im Spektrum des Bariums 163, in dem des Titans 728, in dem des Eisens über 5000 gezählt, so daß sich Rowland für berechtigt hielt zu sagen: ein Eisenatom müsse im Verhältnis komplizierter gebaut sein als ein Steinway-Flügel. Norman Lockyer, der seit 1873 die Spektren der Elemente eifrig untersuchte, wies darauf hin, daß die

---

[18]) W. Preyer, Das genetische System der chemischen Elemente, 1893. — [19]) Vgl. H. Kayser, Handbuch der Spektroskopie, 1900—1905; G. Urbain, Einführung in die Spektrochemie, deutsch von U. Meyer, 1913.

Spektren der Verbindungen und der Elemente sich bei erhöhter Temperatur in analoger Weise ändern. Er gründete darauf seine Dissoziationstheorie, nach welcher auch noch die Atome in kleinere Teile zerfallen können, wenn sie nur einer genügend hohen Temperatur ausgesetzt werden. Er nahm ferner an, daß diese kleineren Teile verschiedenen Elementen gemeinsam sein könnten, daß also bei geeigneten Bedingungen ein Element in ein anderes umgewandelt werden könne. Beweise für die Dissoziation der Elemente suchte und fand Lockyer in den Spektren der Gestirne.

Schon in dem astrogenetischen Kapitel konnten wir darlegen, wie die Verschiedenartigkeit der Sternspektren zu Klassifikationen benutzt wurde, denen man durchaus genetischen Charakter beilegte. Man kam zu der wohlbegründeten Annahme, daß die verschiedenen Spektrenklassen der Sterne eine Stufen- oder Entwicklungsfolge der Materie bedeuten. Lockyer[20]) fand von den heißesten bis zu den kältesten Sternen zehn Gruppen, chemisch so verschieden voneinander, daß sie so vollkommen verschieden betrachtet werden müssen wie etwa die kambrische und silurische Formation der Geologen. Ähnlich wie diese gab Lockyer seinen Gruppen Namen, die auf ian endigen; bei den heißesten angefangen, heißen sie: Argonian, Alnitamian, Achernian, Algolian, Markobian, · , Sirian, Procyonian, Arcturian, Piscian — deutsch ausgedrückt: Argonstufe . . . Piscesstufe.

In dem Maße, als wir von den heißesten Sternen zu den kältesten fortschreiten, nimmt nach Lockyer die Zahl der Spektrallinien zu und mit der Zahl der Spektrallinien die Zahl der Elemente. In den heißesten Sternen finden wir eine Form des Wasserstoffs, die wir von der Erde nicht kennen (Proto-Hydrogenium), ferner gewöhnlichen Wasserstoff, Helium, und Magnesium und Kalzium in einer Form, die auf der Erde schwer zu erzielen ist (Proto-Magnesium und Proto-Kalzium). In den Sternen mit der nächst niedrigeren Temperatur treffen wir dieselben Elemente wieder an, dazu Sauerstoff, Stickstoff und Kohlenstoff. In den nächst kühleren Sternen kommt Silizium hinzu; weiterhin treten Modifikationen von Eisen, Titan, Kupfer und Mangan auf, die wir mit den höchsten Temperaturen unserer Laboratorien herstellen können, und erst wenn wir zu noch kühleren Sternen kommen, finden wir gewöhnliches Eisen, Kalzium, Mangan und andere Metalle. Diese alle

[20]) J. Norman Lockyer, Studien zur Spektralanalyse, deutsch 1879; Inorganic evolution, London 1900; H. Kayser, Handbuch II, 1902, S. 256 ff.

scheinen Formen zu sein, die durch Erniedrigung der Temperatur entstehen. Und so gewiß auf jeder Stufe neue Formen auftreten, so gewiß verschwinden alte Formen. Die einfachsten Elemente erscheinen zuerst, und in dem Maße als die Temperatur fällt, entsteht die Möglichkeit neuer Kombinationen, so daß mehr und mehr komplexe Formen erzeugt werden.

In einer Arbeit über „die Evolution der Materie auf den Himmelskörpern“[21]) kommt auch N. A. Morosoff zu dem Ergebnis: „Der ganze Entwicklungsgang der Himmelskörper, soweit wir ihn aus der Beobachtung von Sternen verfolgen können, zeigt uns, daß die Atome der Metalle und Metalloide das Produkt einer eigentümlichen Evolution der Materie vorstellt, wobei zuerst das auf der Erde unbekannte Nebulesium, sodann Proto-Wasserstoff und schließlich Proto-Helium auftritt“. Diese drei Urelemente betrachtet Morosoff als die Grundlage aller anderen Elemente.

H. Kayser, der in seinem großen „Handbuch der Spektroskopie“ die Dissoziationstheorie Lockyers eingehend erörtert, schließt seine Besprechung mit den Worten: „Alle diese Erscheinungen scheinen mir unwiderleglich die Zerlegbarkeit der Atome in kleinere und verschieden beschaffene Teile zu beweisen.“ „Es ist eine altbekannte und logisch allein befriedigende Annahme, daß es nur eine Art von Materie gebe, und daß unsere Elemente nur durch verschiedenen Aufbau aus dieser Materie entstanden seien. Diese Anschauung findet ja auch eine mächtige Stütze in dem periodischen System der Elemente. Danach aber müssen wir bei fortgesetzter Dissoziation schließlich von allen Elementen zu denselben Teilchen der Urmaterie kommen.“

Rydberg, einer der fleißigsten Untersucher der „Linienserien“ hielt es 1889 für festgestellt, daß die meisten Phänomene der Serien erklärt werden könnten, wenn man annähme, daß der Wasserstoff wirklich das Urelement sei, die anderen Elemente Zusammensetzungen aus dem Wasserstoff.

Im Jahre 1896 erbrachte Zeeman einen neuen spektroskopischen Indizienbeweis für die Komplexität der Elemente. Er fand, daß ihre Spektrallinien vervielfacht werden, wenn die Lichtquelle einem starken magnetischen Feld ausgesetzt wird. H. H. Lorentz entwickelte die Theorie dieser Erscheinung, des sogenannten „Zeeman-Effekts“,

---

[21]) Deutsch von Pines und Orechoff, 1910.

mathematisch und zeigte, daß die Veränderung des Spektrums im Magnetfeld zu erklären ist durch die Schwingungen kleinster Teile im Atom[22].

Von allen Seiten her blitzten die Lichtstrahlen zur Erhellung des Rätsels auf. Schon in den achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts konnte William Crookes in seinem berühmten Vortrag über die „Genesis der Elemente“ (1887) erklären: „Wenn ich es wage, zu behaupten, daß unsere allgemein angenommenen Elemente nicht einfach und ursprünglich sind, daß sie nicht durch Zufall entstanden und nicht sprunghaft mechanisch erschaffen worden sind, sondern sich entwickelt haben aus einfacheren Stoffen, oder vielleicht sogar aus einer einzigen Art Materie, so spreche ich nur einen Gedanken aus, welcher seit einiger Zeit sozusagen in der Luft schwebt.“ Deutlicher noch erklärte sich der Physiker Friedrich Zöllner dahin, daß die beiden Elektrizitäten, die positive und die negative, die beiden fundamentalsten Elemente der Materie seien, aus denen sich, ähnlich wie die verschiedenen Arten der Pflanzen und Tiere, alle anderen chemischen Elemente gebildet haben, unter dem Einfluß gegenseitiger Wechselwirkung und in Anpassung an gegebene mechanische Bedingungen[23].

Die endgültige Lösung des Rätsels kam durch die Kathodenstrahlen und die radioaktiven Stoffe.

Die Elektronen[24].

Im Jahre 1800 beobachteten Nicholson und Carlisle, daß das Wasser durch einen hindurchgeleiteten elektrischen Strom in seine Bestandteile Wasserstoff und Sauerstoff zerlegt wird. Auch bei anderen Flüssigkeiten ließ sich diese Erscheinung beobachten, die Faraday (1833) als „Elektrolyse“, Zerlegung durch Elektrizität, bezeichnete. Die Stoffe, welche durch den elektrischen Strom zerlegt werden, nannte Faraday „Elektrolyte“, die Metalle, durch welche man die Elektrizität

---

[22]) Vgl. P. Zeeman, Experimental-Untersuchungen über Teile, die kleiner als Atome sind. Amsterdam 1900; H. A. Lorentz, Ergebnisse und Probleme der Elektronentheorie, 1905; Cotton, Le phénomène de Zeeman, Paris 1899. — [23]) F. Zöllner, Über die Natur der Kometen, 1872, 3. A. 1883, S. 134. — [24]) Vgl. G. Mie, Die neueren Forschungen über Ionen und Elektronen, 1903; G. C. Schmidt, Die Kathodenstrahlen, 2. A. 1907; J. J. Thomson, Die Korpuskulartheorie der Materir. Deutsch von G. Siebert, 1908. — P. Lenard, Über Kathodenstrahlen. Nobelvorlesung 1906.

in den Elektrolyten ein- und austreten läßt, „Elektroden" (von ἡ ὁδός, der Weg), und zwar die positive „Anode", die negative „Kathode".

Faraday dachte sich den Vorgang der Elektrolyse bewirkt durch Bewegung elektrisch geladener Wasserteilchen, die er „Ionen", „Wanderer" nannte. Unter dem Einfluß elektrischer Kräfte sollten positiv geladene Teilchen, die Kationen, zur Kathode, negativ geladene, Anionen, zur Anode wandern und dort ihre Elektrizitätsmengen an die Elektroden abgeben, während ihre chemischen Träger zurückbleiben und ausgeschieden werden. Diese „Wanderung der Ionen" erfolgt nach einem von Faraday (1833) entdeckten Gesetz, welches besagt, daß für jede bestimmt durchgehende Elektrizitätsmenge ganz bestimmte Quantitäten beider Ionen an den Elektrolyten abgeschieden werden. Diese abgeschiedenen Mengen sind einander und gleichzeitig auch der durchgegangenen Elektrizitätsmenge äquivalent. So stehen z. B. die von gleichen Elektrizitätsmengen abgeschiedenen Mengen von Wasserstoff, Natrium und Chlor zueinander in dem konstanten Verhältnis 1 : 23 : 35,45. Das sind aber die Atomgewichtszahlen der betreffenden Elemente. Der Schluß lag nahe, daß die Ionen nichts anderes seien als elektrisch geladene Atome oder Atomgruppen, in welche das Elektrolytmolekül gespalten wird. Unter dieser Annahme hat Helmholtz den bedeutsamen Schluß gezogen, daß jedes einwertige Ion, gleichgültig aus welchem Molekül es abgespalten wird, mit der gleichen unveränderlichen Elektrizitätsmenge geladen sein muß, und daß die Ladung mehrwertiger Ionen durch Multiplikation dieser Elektrizitätsmenge mit der Wertigkeit des Ions erhalten wird. Helmholtz äußerte diesen Gedanken zuerst in einer Rede, die er im April 1881 in der Chemischen Gesellschaft zu London zu Ehren Faradays hielt. Er sagt da: „Daß die festen Verhältniszahlen der chemischen Verbindungen auf der Präexistenz unzerstörbarer Atome beruhen, mag hypothetisch erscheinen; zurzeit kennen wir aber noch keine hinreichend klare und entwickelte andere Theorie, die die Beobachtungstatsachen der Chemie so einfach und folgerichtig zu erklären imstande wäre, wie die atomistische Theorie der neueren Chemie. Auf die elektrischen Vorgänge übertragen, führt diese Hypothese in Verbindung mit Faradays Gesetz allerdings auf eine etwas überraschende Folgerung. Wenn wir Atome der chemischen Elemente annehmen, so können wir nicht umhin, weiter zu schließen, daß auch die Elektrizität, positive sowohl wie negative, in bestimmte elementare Quanten geteilt ist, die sich wie Atome der Elektrizität verhalten."

Durch die Helmholtzsche Theorie der Elektrizitätsatome fand nun auch ein sehr merkwürdiges Phänomen seine Deutung.

Im Jahre 1869 hatte Hittorf bei der Beobachtung elektrischer Entladungen in sehr stark luftverdünnten Röhren eine neue Strahlenart entdeckt. Sie ging von der Kathode aus und man nannte sie deshalb Kathodenstrahlen. Ihre Natur blieb zunächst unklar. Crookes in England hielt sie für schnell fliegende Gasatome, während Heinrich Hertz in Deutschland der Ansicht war, daß die Kathodenstrahlung eine dem Lichte ähnliche Ätherschwingung sei. Beider Vermutungen waren falsch. Lenard, Wiechert u. J. J. Thomson konnten vielmehr feststellen, daß die Kathodenstrahlen nichts anderes sind als Schwärme äußerst schnell fliegender negativer „Elektrizitätsatome" oder „Elektronen", wie sie Lorentz nannte, deren Masse etwa $^1/_{1700}$ der Wasserstoffatome beträgt. „Was man nie glaubte gesehen zu haben: Elektrizität ohne Materie, elektrische Ladung ohne geladene Körper, das haben wir in den Kathodenstrahlen als bereits unter unseren Händen gefunden. Wir haben gewissermaßen die Elektrizität selbst entdeckt" (Lenard 1906).

Radioaktivität[25]).

Im Jahre 1896 stellte Henri Becquerel in Paris Untersuchungen an über einen gemutmaßten Zusammenhang der kurz vorher entdeckten Röntgenstrahlen mit den Kathodenstrahlen. Dabei bemerkte er, daß die Mineralien, mit denen er experimentierte, das Metall Uran und seine Salze, Strahlen aussandten, die durch schwarzes Papier und dünne Metallplatten hindurch photographische Platten schwärzten und die Entladung elektrisch geladener Körper bewirkten. Und zwar taten sie es unabhängig von äußeren Einflüssen. Das Uran erwies sich als „radioaktiv", wirksam durch Aussendung von Strahlen. Von den Lichtstrahlen unterscheiden sich die „Becquerelstrahlen" dadurch, daß sie weder reflektiert, noch gebrochen, noch auch polarisiert werden.

Becquerels Untersuchungen wurden fortgesetzt durch Frau Maria Sklodowska-Curie[26]) und ihren Gatten Pierre Curie. Sie fanden in der Pechblende (Uranpecherz) zwei neue Elemente, welche die Fähig-

[25]) E. Rutherford, Radioaktive Umwandlungen. Deutsch von M. Levin, 1907; F. Soddy, Die Natur des Radiums. Deutsch von G. Siebert, 1909; A. Sieverts, Radioaktivität. Handwörterbuch der Naturwissenschaften II, 1912, S. 452. — [26]) S. Curie, Untersuchungen über die radioaktiven Substanzen. Deutsch von M. Kaufmann, 3. A. 1904.

keit der Radioaktivität in außerordentlich hohem Maße zeigten: das Radium und das Polonium, und sie kamen auf die Vermutung, die radioaktive Materie könne Materie sein, die sich im Zustande des Zerfalls befinde. Die Atome der radioaktiven Elemente „sind nicht stabil; sie strahlen Teilchen aus, die kleiner sind als die Atome. Die Materie erleidet dabei eine Umwandlung, welche die Quelle der ausgestrahlten Energie ist. Aber es ist keine gewöhnliche chemische Umwandlung, denn bei einer solchen bleiben die Atome unverändert. Bei der radioaktiven Umwandlung ändert sich das Atom“.

In weiteren gemeinsamen Untersuchungen fanden Becquerel und Pierre Curie, daß das Radium nicht eine, sondern drei verschiedene Arten von Strahlen aussendet; sie wurden als α-, β- und γ-Strahlen bezeichnet.

Giesel bemerkte 1899, daß die β-Strahlen in einem magnetischen Felde in derselben Weise abgelenkt werden wie die Kathodenstrahlen; sie bestehen aus Elektronen, die von der radioaktiven Substanz mit großer Geschwindigkeit ausgeschleudert werden. Die γ-Strahlen wurden als Lichtstrahlen erkannt, die den Röntgenstrahlen ähnlich sind. Endlich stellten Untersuchungen von Ramsay, Rutherford und Soddy im ersten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts fest, daß die α-Strahlen aus abgeschleuderten Helium-Atomen bestehen. Und indem das Element Radium Helium abgibt, „verwandelt“ es sich in das Element Niton (Radiumemanation), dies gibt weiterhin Helium-Atome ab, und als vorläufiges Endprodukt dieser „Entwicklung“ entsteht endlich Blei.

Man kennt bis jetzt etwa 30 Elemente, die als radioaktiv befunden wurden, aber wahrscheinlich ist der Atomzerfall eine allgemeine Eigenschaft aller chemischen Grundstoffe. Die Ergebnisse der Radioaktivitäts-Forschungen „leiten zu der besonders von Soddy ausgeführten Vorstellung, daß die chemischen Elemente nicht von Anfang an vorhanden waren, sondern sich erst im Laufe der Jahrmillionen gebildet haben, und daß ihre Umbildung auch heute noch nicht abgeschlossen ist. (Möglicherweise sind einzelne Elemente schon ausgestorben; sie könnten in die Lücken des periodischen Systems gehört haben.) Damit wird der Gedanke der Entwicklung, der jetzt so viele Wissenszweige beherrscht, auch auf die anorganische Materie übertragen“ (A. Sieverts 1912).

Der Äther.

Die Tatsache einerseits, daß die radioaktiven Elemente Elektronen aussenden, andererseits Elektronen in allen Körpern vorkommen, legte es nahe, auf die Zöllnersche Hypothese zurückzukommen, daß die Elektrizität das so lange gesuchte Urelement sei und die Elektronen die Ureinheiten aller Materie. „Das Atom erscheint wie ein Sonnensystem mit einer oder mehreren Sonnen und Planeten, die mit ungeheurer Geschwindigkeit kreisen. Aus der Architektur dieses Systems ergeben sich die Eigenschaften der verschiedenen Atome, ihre Grundelemente aber scheinen identisch zu sein“[27].

Jedes Atom besteht nach der gegenwärtigen Auffassung aus einem „Kern“, der „mit positiver Elektrizität geladen“ ist, und um den die Elementarquanten der negativen Elektrizität, die Elektronen, in unaufhörlicher Bewegung kreisen. Positive Elektronen sind bisher trotz allen Suchens nicht gefunden worden, und die Vermutung liegt nahe, daß es keine gibt, daß auch der „positive Kern“ der Atome aus Elektronen besteht. Wir kennen höhere Atomkomplexe, in denen einem „Kern“ lockere Komponenten angegliedert sind. Ein Analogieschluß hinsichtlich der „positiven Kerne“ der Elektronen liegt also nahe. Die Komponenten der Atome, aller Atome, wären danach letzten Endes die Elektronen, die als überall gleich und gleichartig anzunehmen wären. Ihre Zahl, Anordnung, gegenseitige Lage und relative Bewegung konstituieren — nach der Theorie — die Eigenschaften eines Atoms als materieller Einheit eines Elements. „Soviel wir sehen können, dürfen wir in den Elektronen wohl wirklich letzte Teilchen der Materie erblicken, die in sich einheitlich und strukturlos sind“[28].

Damit wäre die Naturforschung der Gegenwart bei der zweiten Antinomie der reinen Vernunft angelangt, deren These lautet: „Eine jede zusammengesetzte Substanz in der Welt besteht aus einfachen Teilen, und es existiert überall nichts als das Einfache oder das, was aus diesem zusammengesetzt ist.“ Die Beziehung dieser These auf das „denkende Selbst als einfacher und daher unverweslicher Natur“ bleibt hier selbstverständlich außer Betracht.

---

[27]) G. Le Bon, Die Entwicklung der Materie. Deutsch von Iklé, 1909.
[28]) G. Mie, Atome, Moleküle, Weltäther. 4. A. 1917. Vgl. auch dessen Lehrbuch der Elektrizität und des Magnetismus, 1910, sowie den Artikel „Weltäther“, Handwörterbuch der Naturwissenschaften X, 1915, S. 607, ferner P. Lenard, Über Äther und Materie, 1910.

Was sind nun aber letzten Endes diese Ureinheiten aller Materie, die Elektronen? „Nichts weiter," antwortet der Physiker, „als singuläre Stellen des Weltäthers, nämlich Stellen, wo die elektrischen Spannungslinien des Äthers zusammenlaufen, kurz gesagt: Knotenstellen der elektrischen Felder im Äther." Von manchen werden diese Knotenstellen als Äther-Wirbel aufgefaßt, deren kolossale Analogien in den kosmischen Spiralnebeln zu finden seien. Indessen — alle Aussagen können hier nur Bilder und Gleichnisse sein, Urnebel gleichsam von Vorstellungen und Begriffen, von denen man nicht wissen kann, wozu sie sich entwickeln werden.

Unter dem Namen „Äther" hatte die griechische Mythologie die obere reine Himmelsluft personifiziert, den „Sohn des Erebos und der Nyx"[29]. In den orphischen Hymnen ist Äther die Weltseele, das feurige Element alles Lebens. Einige Philosophen, so besonders die Stoiker, betrachteten den Äther als das fünfte Element, das den Himmelsraum erfüllt, als das „bildende Feuer" (πύρ τεχνικόν), aus dem sich alles andere bildet und das in allem das bewegende, belebende, denkende Prinzip darstellt.

Descartes (1596—1650) nahm ein „erstes Element" an, welches den scheinbar leeren Raum erfülle. Als zweites Element betrachtete er die Luftmaterie. Newton (1686) wird von Experimenten über die Fortpflanzung der Wärme im luftleeren Raum zu den Fragen geführt: „Wird die Wärme im Vakuum nicht vielleicht durch Schwingungen eines Mediums übertragen, das viel feiner ist als Luft und im Vakuum zurückbleibt, wenn die Luft ausgepumpt wird? Und ist es vielleicht dasselbe Medium, das auch das Licht fortpflanzt und durch dessen Schwingungen das Licht in den Körpern Wärme erzeugt? Und ist es nicht vielleicht im ganzen Himmelsraum verbreitet? Könnten sich Planeten und Kometen und alle anderen großen Körper in dem ätherischen Medium, das den ganzen Raum ohne alle Zwischenräume gleichmäßig erfüllt und folglich viel dichter ist als Quecksilber und Gold, nicht vielleicht leichter und widerstandsloser bewegen als in irgend einer Flüssigkeit?"[30].

---

[29]) Hesiod, Theogonie 124. Vgl. Roscher, Lexikon der griechischen und römischen Mythologie I. 198. Über die neuere Geschichte der „Äther-Hypothese": Gehler, Physikalisches Wörterbuch I. Leipzig 1787, S. 82; J. Clerk Maxwell, Art. „Ether" in der Encyclopaedia Britannica; M. La Rose, Der Äther. Geschichte einer Hypothese. Deutsch von K. Muth, 1912. — [30]) Zit. in O. Lodge, Der Weltäther. Deutsch von H. Barkhausen, 1911, S. 1 f.

1676 hatte der Däne Olav Römer mit Hilfe gewisser Beobachtungen über die Verfinsterungen der Jupitermonde berechnet, daß das Licht mit einer Geschwindigkeit von 300000 km in der Sekunde durch den Raum eilt, daß es also Zeit braucht, um sich auszubreiten. Zur Erklärung dieser Fortpflanzung des Lichts nahm Christian Huygens 1690 einen „Lichtäther“ an, der nach ihm aus kleinsten, kugelförmigen, gleichgroßen und vollkommen elastischen Teilchen bestehe. Zwischen diesen Teilchen erfolge die Fortpflanzung des Lichts nach demselben Mechanismus, wie sich ein Stoß in einer Reihe elastischer Elfenbeinkugeln fortpflanze. Seit Huygens ist die Vorstellung vom Äther als einem äußerst feinen „Fluidum“ nicht wieder aus der Physik verschwunden; Thomas Young (1801), Augustin Fresnel (1816), Clerk Maxwell (1873), Heinrich Hertz (1889), William Thomson (1889) haben an ihr festgehalten, wenn auch unter anderen Vorstellungen als Huygens. In seinem berühmten Vortrag „über die Beziehungen zwischen Licht und Elektrizität“ (1889) kommt Heinrich Hertz auf die „gewaltige Hauptfrage nach dem Wesen, den Eigenschaften des raumerfüllenden Mittels“, des Äthers, zu sprechen, und sagt: „Immer mehr gewinnt es den Anschein, als überrage diese Frage alle übrigen, als müsse die Kenntnis des Äthers uns nicht allein das Wesen der ehemaligen Imponderabilien offenbaren, sondern auch das Wesen der alten Materie selbst und ihrer innersten Eigenschaften, der Schwere und der Trägheit. Die Quintessenz uralter physikalischer Lehrgebäude ist uns in den Worten aufbewahrt, daß alles, was ist, aus dem Wasser, aus dem Feuer geschaffen sei. Der heutigen Physik liegt die Frage nicht mehr fern, ob nicht etwa alles, was ist, aus dem Äther geschaffen sei?“ Die Antwort scheint der Bejahung nahe zu sein.

Die Frage nach der eigentümlichen Beschaffenheit des Weltäthers ist noch nicht einstimmig beantwortet. Mie vergleicht ihn, aber nur „sehr bildlich“, mit einer äußerst feinen Gallerte. Lord Kelvin gelangte durch Kombination bestimmter Voraussetzungen zu dem Schluß, ein Kubikmeter Äther müsse nicht weniger als 0,0000000000000001 g wiegen, wenn ein Kubikmeter Wasser 1000000 g wiegt, und wenn für das leichteste aller Gase, den Wasserstoff, bei 0° und Atmosphärendruck das Gewicht eines Kubikmeters 90 g beträgt. Oliver Lodge vertritt die Ansicht, daß der Äther nicht nur allgegenwärtig und alldurchdringend, sondern auch über alle Begriffe fest und materiell sei. „Er erweist sich als der weitaus materiellste Stoff — vielleicht als der

einzige materielle Stoff — des ganzen Universums. Im Vergleich zum Äther sind die dichtesten Stoffe, wie Blei und Gold, nur von ganz zarter lockerer Struktur, etwa wie ein Kometenschweif, oder wie die Milchstraße, oder wie ein Salz in einer sehr erwärmten Lösung" (1911). Auch Lodge nimmt an, daß die gewöhnliche Materie eine Modifikation des Äthers sei, und er konstatiert im übrigen, es gäbe wohl wenige Physiker, die nicht mit dem vorletzten Satze in dem Artikel „Äther" von Clerk Maxwell übereinstimmen, welcher lautet: „Wie schwer es aber auch für uns sei, uns eine einheitliche Vorstellung von der Beschaffenheit des Äthers zu bilden, so kann doch kein Zweifel darüber bestehen, daß der Planeten- und Sternenraum nicht leer, sondern mit einem materiellen Stoff oder Körper erfüllt ist, der sicher der ausgedehnteste und wahrscheinlich der einheitlichste von allen uns bekannten Körpern ist."

Ist die Zurückführung aller Materie auf den Äther wirklich gelungen, wie es nach der neueren Elektrizitätslehre ganz den Anschein hat, so ist damit die gesuchte einheitliche Ursubstanz gefunden. „Der Äther ist im ganzen Weltraum durch und durch einheitlich" (Mie). Und in dieser Ursubstanz wäre zugleich auch der Träger der Urkraft gegeben oder vielmehr die Urkraft selbst, als welche sich die Elektrizität offenbart. Stoff und Kraft, Masse und Elektrizität „sind miteinander verschmolzen zu einer einzigen Grundmaterie und Urkraft, dem Elektron" (W. Bein 1915). Elektrizität ist das Verhalten des Äthers als Äther, und je nachdem sich der Äther in den Atomen und ihren Verbindungen modifiziert und kompliziert, modifiziert sich auch sein Verhalten: die Elektrizität wird Magnetismus, Licht, Wärme, chemische Kraft, Lebenskraft, Psychom (das physische Äquivalent des Begriffes „Geist"), und bleibt im Grunde doch immer dieselbe, wie auch ihre Substanz, der Äther.

Im achtzehnten Jahrhundert bezeichnete Hemsterhuis die Materie als „geronnenen Geist", im zwanzigsten nannte sie Balfour „geronnene Elektrizität". Bei Goethe finden wir die Synthese: „Die Elektrizität" so sagt er, „ist das durchgehende Element, man kann sie sich unbefangen als Weltseele denken." — Weltseele, komm, uns zu durchdringen! Dieser „allgemeine Weltgeist ist eine überall wirksame Materie, die bei den Bildungen der Natur das aktive Prinzip ausmacht und als ein wahrer Proteus bereit ist, alle Gestalten und Formen anzunehmen", heißt es in einer der ersten Abhandlungen des jungen Kant, und in seinen letzten

Lebensjahren postuliert er eine im ganzen Weltraum kontuinierlich verbreitete Materie, die aber, nenne man sie nun Äther oder Wärmestoff, nicht bloße Hypothese sei; „denn ohne sie würde es nicht möglich sein, Erfahrungen zu machen". Du Bois Reymond möchte den Namen „Hyle" vorschlagen für ein „eigenschaftsloses" Substrat dessen, was uns als verschiedenartige Materie erscheint — Anaximanders Apeiron. Aber schon Roger Bacon läßt aus seiner „Hyle" die Elemente hervorgehen, wie Aristoteles unter der πρώτη ὕλη die nicht zu Elementen differenzierte Materie versteht, und William Crookes wieder sein Urelement als „Protyl" bezeichnet. Dieser Urstoff, dieser Äther, dieser Weltgeist, er ist der Akaça der Upanishaden, der zugleich das Brahman ist, aus dem alle Wesen hervorgehen und in welchem sie wieder untergehen; er ist — hier abgesehen vom Geist — die Prakriti, die Urmaterie der Samkhya-Philosophie, aus der sich in eigener Bewegung die materielle Welt entwickelt, um sich wieder, wenn ihre Zeit um ist, in die Urmaterie zurückzubilden. Er ist das „Urfeuer" der Stoiker, aus dem alles entsteht, das als kosmische Vernunft in allem waltet, in das sich alles wieder umwandelt zur Zeit der Ekpyrosis. Er ist das ewig lebendige Feuer Heraklits, das sich „nach Maßen", in genauer Äquivalenz, entzündet und wieder erlischt, zu Materie wird und wieder zu „Feuer", im Spiel, das Zeus spielt ewig mit sich selbst. In ihm und seinen materiellen Modifikationen offenbart sich die Gott-Natur Goethes, wie sie das Feste läßt zu Geist verrinnen, das Geisterzeugte fest bewahrt.

Man hat versucht, von der Materie, vom Äther abzusehen und die Kraft, die „Energie", als das allein Wesentliche, als die Substanz des Seins hinzustellen, und man hat die letzten Einheiten des Seins als „ausdehnungslose Kraftpunkte" zu charakterisieren versucht. Allein ein bloßes Geschehen ohne Substrat ist ebensowenig denkbar wie eine geistige Substanz im strengen Sinne des Wortes, ebensowenig wie Leben ohne Protoplasma. Es ist dasselbe wie ein Fluß ohne Wasser. Und von der Ausdehnungslosigkeit zur Ausdehnung führt ebensowenig eine Brücke wie von der Null zur Eins oder vom Nichts zum Etwas. Ohne Materie keine Kraft — diese ist ja nichts anderes als das Verhalten der Materie in ihrer jeweiligen Modifikation — und im Äther sind Urmaterie und Urkaft eins. Er ist das Ewig-Eine, das sich vielfach offenbart. Aus ihm, von ihm und zu ihm sind alle Dinge. In ihm leben, weben und sind wir.

---

7. Kapitel.

Geogenesis.

Die Entwicklung der Erde.

Die Geogenesis ist ein Spezialfall der Astrogenesis, denn die Erde ist ein Himmelskörper. Die Entwicklungs-Geschichte der Erde beginnt demnach mit ihrer Individuation oder Singulation, sei es, daß sie ihre Sonderexistenz als ein abgeschleuderter Teil der Sonne begann, oder als selbständige Verdichtung in einem kosmischen Nebel. Nach der Meteoritenhypothese von Lockyer und G. H. Darwin, die übrigens schon im Jahre 1802 von den Brüdern Marschall von Bieberstein ausgesprochen worden war, bestand der elterliche Nebel ursprünglich aus einem Schwarm von Meteoriten, die sich in verschiedenen Richtungen bewegten und häufig zusammenstießen, wodurch sie Hitze und Licht erzeugten und schließlich wohl auch verdampften und gasförmig wurden. Die Verdichtung erfolgte dann ebenso wie nach der Nebularhypothese[1]. Die Planetesimal-Hypothese von Chamberlin und Moulton stellt an den Anfang kleine Massen irgendwelcher Art, die sich in Kreisen um ein gemeinschaftliches Gravitationszentrum oder einen Zentralkörper bewegten, wie gegenwärtig die Planeten. Mit anderen Worten: die Konstituanten der werdenden Erde — wie der anderen Planeten — sind sehr kleine (infinitesimale) Planetoiden oder „Planetesimals". Die „Entwicklung" der Planeten bestand darin, daß sich die Planetesimals zusammenhäuften[2].

Das sind Hypothesen. Sie mögen sich auf diese oder jene Tatsachen stützen — ihre Mehrheit beweist, daß keine davon ganz zufriedenstellend

---

1) Norman Lockyer, The meteoritic hypotheses. London 1890. C. W. und E. F. L. Marschall von Bieberstein, Untersuchung über den Ursprung und die Ausbildung der gegenwärtigen Anordnung des Weltgebäudes. 1802. — 2) Vgl. Th. Chamberlin u. R. Salisbury, Geology II, London 1906.

ist. Die Vorgeschichte der Erde liegt im astrogenetischen Dunkel; ihre Geschichte ist mit Sicherheit nur zu ermitteln aus ihrer Zusammensetzung und ihrem Aufbau, sowie aus der Ermittlung der ,,Kräfte", welche den Aufbau bewirkt haben.

Die Stufen, die zu der gegenwärtig erreichten Höhe der Erdgeschichte geführt haben und an denen allen auch gegenwärtig noch gearbeitet wird, können durch folgende Reihe bezeichnet werden:

1. Beobachtungen über die Gleichartigkeit und Verschiedenartigkeit der Gesteine an verschiedenen Orten.
2. Erkennung des schichtweisen Aufbaues der Gesteine.
3. Erkennung der gesetzmäßigen Aufeinanderfolge der Schichten.
4. Erkennung der Versteinerungen als Hilfsmittel für die Bestimmung des relativen Alters der Schichten.
5. Beobachtungen über die Bildung und Umbildung der Schichten und die dabei wirksamen Faktoren.
6. Chronologie der Erdgeschichte.
7. Erdgeschichte im Zusammenhang.

Die ersten Schritte auf der Bahn zu einer geologischen Genetik geschehen tastend, unbeholfen. Die Befangenheit in theologischen Vorurteilen hindert richtige Schlüsse, ja sogar richtige Anschauungen, und wo das Denken diese Befangenheit überwindet, da ergeht es sich zuerst in zügellosen Phantasien. Nur ganz allmählich führt Erfahrung und Beobachtung zu induktiven Verallgemeinerungen, die als sicher gelten können und ihrerseits die Beobachtung weiter leiten[3]).

Die wissenschaftliche Geologie ist in Italien entstanden. Leonardo da Vinci ist der erste, von dem wir wissen, daß er die Schichtung der Erdrinde, die Wirkung des Wassers, sowie die Versteinerungen beobachtete und richtig beurteilte (um 1500). Der erste Forscher jedoch, der ,,eine klare Ahnung davon hatte, daß die Geschichte der Erde aus ihrer Zusammensetzung und ihrem Aufbau ermittelt werden könne", war der Däne Nikolaus Steno (1638—1687), der in Italien lebte. In seinem Buch ,,De solido intra solidum naturaliter contento" (1669) zeigte er, daß

---

[3]) Leitend für die folgende Darstellung: Ch. Lyell, Prinzipien der Geologie I, deutsch von Hartmann, 1841; der historische Abschnitt in Carl Vogts Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde, 1846, 4. A. 1879; B. Cotta, Beiträge zur Geschichte der Geologie, 1877; C. v. Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie, 1899. Von Buffon ab sind die Originalwerke der Geologen zugrunde gelegt. Vgl. auch O. Reich, Karl Ernst Adolf von Hoff, der Bahnbrecher moderner Geologie, 1905.

die Erde aus übereinander liegenden Schichten besteht, die oft Reste von Schaltieren enthalten, ähnlich denen in benachbarten Meeren. Diese Schichten, „Sedimenta", sind nach seiner Ansicht im Meere abgelagert worden, und zwar horizontal und übereinstimmend in der ganzen Ausdehnung des Meeres. Da nicht alle diese Schichten Überreste von Organismen enthalten, meinte Steno, daß einige derselben schon vor dem Auftreten organischer Wesen abgelagert worden sein müßten; und da ferner diese Schichten sich nicht überall gleich und nicht alle in horizontaler Lage finden, sondern zum Teil sehr stark geneigt sind, so schloß er, daß sie erst nachträglich durch Erdbeben und vulkanische Ausbrüche aufgerichtet worden seien. Auf Grund des geologischen Aufbaues von Toscana unterschied Steno, immer noch sich an die sechs Tage des biblischen Schöpfungsberichtes haltend, „sex distinctas Etruriae facies ex praesenti facie Etruriae collectae".

Die Gesteinsverschiedenheit verschiedener Gegenden war sicherlich schon längst beobachtet worden; werden doch die Gesteine seit Alters zu den verschiedensten Zwecken benutzt. Das Bedürfnis des Menschen ist auch hier der erste Antrieb zum Forschen. Um sich über das Gesteinsvorkommen einer Gegend zu unterrichten, suchte Goethe zuerst und vor allen immer die Müller und die Bildhauer auf. Aber erst Martin Lister (1638—1711), Leibarzt der Königin Anna von England, erkannte die wissenschaftliche Bedeutung der einfachen Tatsache, daß manche Gesteine eine beträchtliche Verbreitung besitzen und daß man diese Tatsache, um sie wissenschaftlich besser verwerten zu können, durch Eintragung der Gesteinsvorkommen in eine Landkarte übersichtlich darstellen könne. Ebenso erkannte er, daß die in verschiedenen Gesteinen enthaltenen Muschel- und Schneckenschalen voneinander verschieden sind. Lister hielt sie für „lapides sui generis", für Gesteine eigentümlicher Art.

Ungefähr um dieselbe Zeit erklärte Robert Hooke (1635—1703) die versteinerten Muscheln für wichtigere Denkmäler der Natur, als Münzen und Manuskripte für die Geschichte seien; denn diese könnten gefälscht sein, jene nicht. Und obgleich es recht schwer sei, die Berichte der Natur zu lesen, eine Chronologie aus ihnen aufzustellen und die Zeit zu bestimmen, in der diese oder jene Veränderung geschehen sei, so sei es doch nicht unmöglich.

Dies waren die ersten dürftigen Grundlagen der Geologie, die das 17. Jahrhundert durch Beobachtung und Reflexion feststellen konnte.

Leibniz, Thomas Burnet, John Woodward, William Whiston u. a. lieferten in demselben Jahrhundert, meist im Anschluß an die Bibel, phantastische Erdgeschichten, „Romane", wie sie Buffon nennt, die man zum Zeitvertreib lesen könne, aber nicht, um etwas daraus zu lernen. Woodward z. B. behauptete, die von Gott geschaffene Erde sei durch die Sündflut zersetzt und aufgelöst worden, worauf sich der Schlamm schichtweise wieder abgesetzt habe. Immerhin brachte er in seine Erdgeschichte eine gewisse Chronologie, indem er diluvianische, ante- und postdiluvianische Ablagerungen unterschied.

Die „Sündflut", das Diluvium der Bibel, spielte in der Geologie des 17., wie auch noch in der des 18. Jahrhunderts, eine große Rolle und verhinderte lange Zeit das Aufkommen richtiger Anschauungen. De Maillet erklärte sie in seinem berühmten „Telliamed", der 1715 und 1716 niedergeschrieben, aber erst 1748 herausgegeben wurde[4]), für ein lokales Ereignis, und mußte deshalb schwere Angriffe vonseiten der religiösen Orthodoxie erdulden. Positiv förderte er die Kenntnis der Erdbildung durch Untersuchungen über die Zusammensetzung und die Entstehung der Ablagerungen an den heutigen Meeresküsten, über die Strömungen des Meeres, über die Beschaffenheit des Meeresbodens, sowie über die Art und Weise, wie Überreste von Meer- und Landbewohnern in die Sedimente gelangen und dort erhalten werden. De Maillet nimmt an, daß die Erde ursprünglich ganz mit Wasser bedeckt gewesen sei; erst allmählich habe sich die Wasserhülle vermindert, seien Inseln und Festländer daraus emporgetaucht.

Von De Maillet wurde Buffon angeregt, eine „Theorie der Erde" zu schreiben. Sie erschien 1749 im ersten Bande seiner berühmten „Naturgeschichte", die viele Auflagen und Übersetzungen erlebte. Die Ergänzungsbände, die 1778 unter dem Titel „Epochen der Natur" erschienen, beginnen mit den Worten: „Wie die bürgerliche Geschichte Wappen zu Rate zieht, Münzen untersucht, und alte Inschriften entziffert, um Epochen in den Revolutionen des Menschengeschlechts festzusetzen und die Zeitpunkte moralischer (— d. h. geistesgeschichtlicher —) Begebenheiten zu bestimmen, so muß die Naturgeschichte in den Archiven der Welt nachforschen, alte Denkmäler aus den Eingeweiden der Erde hervorziehen, diese zerstreuten Fragmente sammeln und alle Spuren natürlicher Veränderungen vereinigt als Beweise ge-

[4]) Telliamed ou entretiens d'un philosophe indien avec un missionnaire français sur la diminuation de la mer. Amsterdam 1748.

brauchen, um die Bestimmung der verschiedenen Alter der Natur zu ermöglichen. Dies ist das einzige Mittel, um Ruhepunkte in der Unendlichkeit des Raumes zu finden und einige Zählsteine auf den ewigen Weg der Zeit zu legen."

Buffon, nicht erst Hutton oder Hoff oder Lyell, spricht den Grundsatz des „Aktualismus" oder der „ontologischen Methode" (J. Walther) aus in den Worten seiner „Naturgeschichte" (1749): „Um ein richtiges Urteil von dem zu erlangen, was ehemals geschehen ist, und sogar von dem, was noch geschehen kann, muß man nur dasjenige genau untersuchen, was sich gegenwärtig zuträgt." Demgemäß trägt er denn auch alles zusammen, was er an Berichten über irgendwelche Veränderungen der Erdoberfläche finden konnte, auch hierin ein Vorläufer Hoffs und Lyells. „Nur solche Wirkungen, die täglich geschehen, nur solche Bewegungen, die regelmäßig aufeinander folgen und sich ununterbrochen erneuern, nur solche beständige und immer wiederholte Vorfälle gehören zu den Ursachen und Gründen, worauf wir zu sehen haben." Buffon kennt auch die Grenzen der Geologie. „Unsere Kenntnis, sagt er, erstreckt sich noch lange nicht über die ganze Erdkugel. Von dem, was auf dem Grunde des Meeres verborgen liegt, ist uns vieles unbekannt. An der Erde selbst können wir nur bis in die äußerste Rinde ein wenig eindringen. Das Innere des großen Erdklumpens bleibt vor unseren Augen gänzlich verborgen." Das, was sich erkennen läßt, berechtigt jedoch zu dem Schluß, daß die Erdrinde aus Schichten zusammengesetzt ist, die sich im Meere gebildet haben müssen. Bei der Ausgrabung eines Brunnens zu Marly la Ville stellt Buffon selbst bis zu einer Tiefe von 100 Fuß 30 verschiedene Schichten von verschiedener, von ihm genau festgestellter Dicke („Mächtigkeit") fest. Ungleichheiten im Bodenniveau des Meeres führt Buffon auf Ebbe und Flut, Winde „und alle anderen Ursachen" zurück, welche das Meer in Unruhe setzen können. Dadurch entstehen submarine Hügel, ja ganze Gebirge, deren Richtung durch den vorherrschenden Zug des Wassers bestimmt wird. Durch Rückzug des Meeres an gewissen Stellen, veranlaßt durch plötzliche Einbrüche oder allmähliche Einsenkungen an anderen Stellen, kamen diese Berge und Gebirge zum Vorschein. Durch die Arbeit des Meerwassers, des Regenwassers, der Bäche und Flüsse werden die Gebirge wiederum abgetragen, der Meeresgrund nach und nach gefüllt, das feste Land erniedrigt. „Es gehört nur Zeit genug dazu, wenn das Meer allmählich die Stelle des festen Landes

einnehmen soll.“ Zu den Veränderungen der Erdoberfläche tragen aber auch, wie er darlegt, „das unterirdische Feuer“ und die Winde das ihrige bei. „Die größten und allgemeinsten Veränderungen entstehen jedoch ohnstreitig von den Regengüssen, Strömen, Flüssen und Bächen.“

Gegenüber seinen nüchternen Beobachtungen und kritischen Grundsätzen wird Buffon zum Teil noch recht phantastisch, sobald er daran geht, die Geschichte der Erde zu rekonstruieren. Er unterscheidet, gemäß den 6 Tagen der biblischen Schöpfungsgeschichte, sechs Epochen der Erdentwicklung. In der ersten Periode war die Erde, die durch den Stoß eines Kometen von der Sonne losgerissen worden war, noch flüssig. Zuerst an der Oberfläche begann sie kalt zu werden, und die flüssige Materie wurde hier „ziemlich bald“ fest. In der zweiten Periode bekam die Materie ihre richtige Härte, bildete den inneren Felskern der Erdkugel und die großen glasartigen Massen auf der Erdoberfläche. Dabei entstanden Löcher, Wellen, Unebenheiten, unter der Oberfläche leere Räume, Höhlen, Blasen. Die flüchtigen Teile, Wasser und Luft, umgaben die Erde als eine Atmosphäre von großer Ausdehnung.

In der dritten Periode war die Erde kalt genug geworden, daß sie das Wasser auf sich litt, ohne es in Dünsten wieder von sich zu treiben. Es stürzte herunter, zuerst an den Polen und auf den Gebirgen, und bedeckte alles Land, vielleicht mit Ausnahme der höchsten Bergspitzen. Durch die Wirkung und Hitze dieses neuen Elements wurden die Decken der Hohlräume durchlöchert und das Wasser sammelte sich in ihnen. Es ergriff alle Materien, die es trennen und auflösen konnte, und verwandelte die Schlacken und das zermalmte Glas in Tonerde. Durch seine Bewegung führte es diese neuen Materien von einem Ort zum andern und setzte sie in Schichten wieder ab.

In der vierten Periode floß das Wasser ab und die Vulkane begannen ihre Tätigkeit. Der Abfluß des Wassers dauerte mindestens 20000 Jahre. Täler wurden ausgehöhlt, Ebenen und Hügel kamen zum Vorschein. In allen niedrigen Gründen waren tiefe Seen, schnelle Ströme und Wasserwirbel. Unaufhörliche Erdbeben wurden erzeugt durch das Einstürzen der Höhlen und Ausbrüche der Vulkane. Allgemeine und besondere Stürme, Wirbel von Dampf, Orkane wurden durch die heftigen Erschütterungen der See und des Landes hervorgebracht. Überschwemmungen, Wasserfluten, Ströme geschmolzenen Glases, Harzes und Schwefels verheerten die Gebirge und vergifteten die Ge-

wässer der Ebene. Die Sonne selbst war fast immer nicht nur von Wasserwolken, sondern auch von den dicken Massen der Asche und der Steine verdunkelt, welche die Vulkane auswarfen. „Wir müssen dem Schöpfer danken, daß er den Menschen nicht zum Zeugen dieses furchtbaren und schrecklichen Schauspiels machte, welches der Entstehung der verständigen und empfindenden Natur vorausging und sie gleichsam ankündigte."

Die fünfte Epoche begann damit, daß sich an den Polen das Land soweit abkühlte, daß dort Leben existieren konnte. Und eine lange Zeit hindurch genossen die nördlichen Länder unserer Erde die Wärme, welche jetzt die südlichen genießen, während diese noch brannten und unbewohnt waren. Mit der fortschreitenden Abkühlung wanderten die an den Polen entstandenen Tiere weiter nach Süden, während in den kälter werdenden Gebieten neue Arten entstanden. Zuletzt entstand der Mensch, das größte und letzte Werk der Schöpfung.

In der sechsten Periode endlich wurden die Festländer, die vorher noch im Zusammenhang standen, voneinander getrennt, und die Oberfläche der Erde nahm ihre heutige Gestalt an.

Die Zeit der ganzen Erdgeschichte schätzt Buffon auf 75000 Jahre, ja er meint, „daß die ungeheure Dauer von 75000 Jahren noch nicht hinreiche, um alle die großen Werke der Natur zu erklären, deren Bau uns zeigt, daß sie nur durch eine langsame Folge regelmäßiger und beständiger Bewegungen entstanden sein können." Die Zeit des Lebens läßt er 35000 Jahre nach der Entstehung der Erde beginnen.

Buffons Verdienste um die geologische Genetik sind von viererlei Art: 1. gab er eine richtige Methode zur Erforschung der Erdgeschichte an; 2. bemühte er sich, an die Stelle der Schöpfungslehre die Entwicklungslehre zu setzen; 3. ließ er zur Erklärung der Erdentwicklung nur natürliche Ursachen gelten; 4. endlich rechnete seine Theorie zum erstenmal mit Zeiten, die im Vergleich zur theologischen Zeitrechnung ungeheuer erschien.

Bald nach dem Erscheinen des ersten Bandes seiner „Naturgeschichte" erhielt Buffon ein offizielles Schreiben von der theologischen Fakultät der Pariser Universität, worin ihm gesagt wurde, daß in seinem Werke 14 Sätze „tadelnswert und den Grundsätzen der Kirche entgegen seien", und er wurde mit sehr höflichen Worten aufgefordert, seine ketzerischen Meinungen zu widerrufen und seinen Widerruf in seinem nächsten Werk bekannt zu machen. Er tat es im fünften Band

seiner Naturgeschichte mit den Worten: „Ich erkläre, daß ich nicht die Absicht hatte, den Worten der heiligen Schrift zu widersprechen, daß ich fest das glaube, was darin über die Schöpfung gesagt ist, sowohl was die Ordnung der Zeit, als auch was die Sache selbst betrifft; und ich sage mich von all dem los, was in meinem Buche über die Bildung der Erde gesagt ist und im allgemeinen von dem, was der Erzählung des Moses entgegen ist."

In demselben Jahr, in dem Buffon seine Theorie von der Erde veröffentlichte, verteidigte in Italien Generelli vor der Akademie zu Cremona die Ansichten seines Lehrers Lazaro Moro, der 1740 ein Werk „de crostacei e degli alteri marini corpi, che si trovano su monti" veröffentlicht hatte. Generelli führte aus, daß man die Geschichte der Erde „senza violenza, senza finzioni, senza supposti, senza miracoli", nur aus den Erscheinungen der Gegenwart erklären dürfe.

Offenbar in Abhängigkeit von Buffon hielt Kant seit 1757 seine „Vorlesungen über physische Geographie", die 1802 von seinem Schüler Rinck herausgegeben wurden. Die Hauptgrundsätze derselben hat er selbst in zwei Programmen vom Jahre 1757 und 1765 veröffentlicht. Auch er geht, wie Buffon, von den in der Gegenwart zu beobachtenden Veränderungen aus, durchmustert sodann die Denkmäler früherer Veränderungen, um schließlich mit Hilfe beider Tatsachenreihen die Geschichte der Erde und der Vergangenheit zu rekonstruieren. Auch er sucht, wie Buffon, diese Geschichte als das Resultat einfacher mechanischer Vorgänge zu begreifen.

Nicht nur in die Vergangenheit, sondern auch in die Zukunft der Erde richtet er seinen Blick. „Eben dieselben Ursachen," heißt es in dem Aufsatz über die Frage: ob die Erde veralte, „durch welche ein Ding zur Vollkommenheit gelangt und darin erhalten wird, bringen es durch unmerkliche Stufen der Veränderung seinem Untergang wieder nahe. Es ist eine natürliche Schattierung der Fortsetzung seines Daseins und eine Folge eben derselben Gründe, dadurch seine Ausbildung bewirkt wurde, daß es endlich verfallen und untergehen muß. Alle Naturdinge sind diesem Gesetze unterworfen, daß derselbe Mechanismus, der im Anfange an ihrer Vollkommenheit arbeitete, nachdem sie den Punkt derselben erreicht haben, weil er fortfährt, das Ding zu verändern, selbiges nach und nach wieder von den Bedingungen der guten Verfassung entfernt und dem Verderben mit unvermerkten Schritten endlich überliefert."

Mehr als Buffon betont Kant die Summierung kleinster Wirkungen zu größten Veränderungen, die Entwicklung in kleinsten Schritten und größten Zeiträumen, mit einem Wort: die Kontinuität, die Stetigkeit der Entwicklung.

Dieselben Prinzipien der Geologie und Geogenie wie bei Kant, dem Denker, finden sich wieder bei Goethe, dem Forscher, der gleichfalls stark beeinflußt war von Buffon. Vor allem war auch er überzeugt, daß die bei der Erdbildung wirksamen Kräfte in Gegenwart und Vergangenheit dieselben waren, und im Gegensatz zu Buffon und anderen Geologen, daß sie ruhig und still und stetig in großen Zeiträumen ihr Werk vollbrachten. Seine Überzeugung spricht Thales im zweiten Teil des Faust aus in den Worten:

„Nie war Natur und ihr lebendiges Fließen
auf Tag und Nacht und Stunden angewiesen;
sie bildet regelnd jegliche Gestalt,
und selbst im Großen ist es nicht Gewalt."

Er verflucht die „vermaledeite Polterkammer der Weltschöpfung" und verteidigt seine Ansicht, die Natur bedürfe zu ihren Bildungen und Umbildungen nicht „der tollen Strudeleien". In dem Streit der Neptunisten und Vulkanisten, der um 1800 in der Geologie ausgebrochen war zwischen denjenigen, welche wie G. A. Werner dem Wasser, und jenen, welche den vulkanischen Kräften den Hauptanteil an der Gestaltung unserer Erde zuschrieben (Hutton, Lehmann, Füchsel), stellte er sich auf die Seite der Neptunisten, ohne den vulkanischen Kräften ihren Anteil abzusprechen. Die Hauptschwierigkeit der Geologie beruht nach seiner Meinung auf der Ansicht; nämlich darauf, „daß man das Atomistische und Mechanische, welches in gewissen Momenten freilich sich wirksam erweist, so lange als möglich zurückdrängt, dem Dynamischen dagegen, einem gesetzmäßig bedingten Entstehen, einem Entwickeln und Umgestalten sein Recht gibt." Die atomistische Betrachtung sieht ein bereits Gewordenes hin- und hertreiben, ablagern und erstarren, die dynamische führt dagegen in den Moment des Entstehens, das lebendige Spiel der Elemente und ihrer Anziehungen ein. Die atomistische Auffassung sucht durch einen Aufwand vieler Fluten und äußerer Gewalten begreiflich zu machen, was die dynamische aus ruhiger Vollstreckung innerer Gesetze herleitet. Jene hält die Materie für tot, diese hält sie für lebens- und verwandlungsfähig, je nachdem es die Bedingungen herbeiführen; ja, sie läßt im bereits Gewordenen

noch eine innere Bildung, d. h. eine Sammlung und Anziehung des Ähnlichen und Entsprechenden gelten[5]).

In England war es zuerst James Hutton, der die aktualistische Methode und die Forderung unermeßlich langer Zeiträume zur Geltung brachte[6]). Er war überzeugt, „that we find no vestige of a beginning, no prospect of an end". Wohl mit Recht sieht Ratzel in diesen Worten eine „stille Ablehnung des Eingriffs fremder Schöpfungsmächte in die Geschichte unserer Erde." Andererseits nahm ein anderes geologisches Dogma von Hutton seinen Ausgang. Er war der Begründer der dogmatischen „uniformitarischen" Lehre, nach welcher im ganzen Verlauf der Erdgeschichte immer dieselben Kräfte in derselben Weise wirksam waren wie noch heute, und niemals andere.

Gegen den Aktualismus und Uniformitarianismus wandte sich Cuvier, der große französische Naturforscher, Anatom und Paläontolog. Er legte seine Ansichten dar in dem berühmten „Discours préliminaire", der Einleitung zu seinen „Recherches sur les ossements fossiles" (1812), der dann unter dem Titel: „Discours sur les révolutions de la surface du globe et sur les changements qu'elles ont produits dans le régne animal" als besonderes Werk erschien und bis zum Jahre 1840 acht Auflagen und mehrere Übersetzungen erlebte[7]). Im bewußten Gegensatz zur Kontinuitätslehre begründet er darin seine Katastrophen- oder Kataklysmen-Theorie. Man habe, führt er aus, lange geglaubt, durch die gegenwärtigen Ursachen, welche jetzt noch auf der Erdoberfläche wirken, die früheren Revolutionen erklären zu können, gleichwie man in der politischen Geschichte die vormaligen Ereignisse leicht erklärt, wenn man mit den Leidenschaften und Triebfedern der Gegenwart genau bekannt ist. „Wir werden jedoch sehen, daß dies in der physischen Geschichte keine Anwendung findet; der Faden der Vorgänge ist zerrissen, der Gang der Natur ist verändert, und keines der Agentien, die sie heutzutage anwendet, würde zugereicht haben, um ihre ehemaligen Wirkungen hervorzubringen." Man müsse

---

[5]) Goethes Schriften zur Naturwissenschaft, hgg. von W. Bölsche. In Goethes Werken, hgg. von Heinemann, Bd. 30, S. 207, 285. — [6]) J. Hutton, Theory of the Earth, 1788; als selbständiges Werk erst 1795 erschienen. Eine deutsche Übersetzung der ersten Abhandlung Huttons erschien in den „Sammlungen zur Physik und Naturgeschichte", Leipzig 1792, Bd. 4, S. 225. Wirksam wurde Huttons Theorie erst durch seines Schüler Playfair „Explication of the Huttonian theory", 1802. R. F. Ratzel, Raum und Zeit in Geographie und Geologie, 1907, S. 77. — [7]) Deutsch von Nöggerath, 1830.

annehmen, daß von Zeit zu Zeit katastrophale Ereignisse den ruhigen Entwicklungsgang der Erde unterbrochen und den Untergang der jedesmaligen Lebewelt verursacht haben. Die dabei wirksamen Kräfte müßten sowohl qualitativ wie quantitativ von den jetzt wirkenden unterschieden gewesen sein. Die letzte große Erdrevolution habe vor nicht mehr als 5—6000 Jahren stattgefunden — womit die Geschichte von der allgemeinen Sündflut sich als gerechtfertigt erwies. Die Gründe zu seiner Katastrophen-Theorie entnahm Cuvier hauptsächlich den Gesteinsschichten des Pariser Beckens, die allerdings sechs bestimmt geschiedene Etagen erkennen ließen. „Sein Fehler war, daß er die lokalen Beobachtungen aus dem Pariser Becken verallgemeinerte.“ (J. Walther.)

Lamarck, als Entwicklungstheoretiker auch auf biologischem Gebiete Cuviers Gegner, sprach sich in seiner „Hydrogéologie“ (1803) scharf und bestimmt gegen die Lehre von den angeblich universellen Katastrophen aus; sie würden durch nichts bewiesen und wären auch nicht einmal imstande, die beoachteten Tatsachen zu erklären. Die einzigen Katastrophen, die ein Naturforscher vernünftigerweise zugeben könne, seien örtliche und begrenzte, abhängig von Ursachen, die an einzelnen Stellen wirken. Die Natur habe auch zu ihren Umänderungen gar keine Katastrophen nötig, da ihr unbegrenzte Zeiten zur Verfügung stehen, Tausende, ja Millionen von Jahrhunderten, in denen sie das Kleinste wie das Größte bewirken könne.

Wahrscheinlich veranlaßt durch die Diskussion dieser Katastrophentheorie erschien im Jahre 1818 in den Göttinger gelehrten Anzeigen, wohl auf Anregung des Naturforschers Blumenbach, folgendes Ausschreiben der Königlichen Gesellschaft der Wissenschaften: „Die Untersuchung der Erdoberfläche und der verschiedenen Lagen, woraus die rigide Erdrinde besteht, führt zu dem sicheren Resultat, daß nicht alle Teile derselben gleichzeitig und auf dieselbe Weise gebildet sind, und daß sie zum Teil nach ihrer ersten Bildung gewisse Umänderungen erlitten haben müssen. Wenn wir nun gleich imstande sind, das relative Alter jener sukzessive gebildeten Massen auszumitteln, und verschiedene große Erdkatastrophen zu unterscheiden, so ist es uns doch nicht möglich, die Zeiten zu bestimmen, in denen jene Bildungen und Umbildungen erfolgten, oder die Dauer der Zeiträume anzugeben, die zwischen den großen Erdrevolutionen verstreichen. Es fragt sich aber, ob nicht doch gewisse, mehr partielle Veränderungen

der Erdoberfläche im Gebiete geschichtlicher Überlieferungen liegen, und ob nicht durch Beobachtungen, so wie sie durch sorgfältige Vergleichungen verschiedenartiger Nachrichten über die Beschaffenheiten gewisser Teile der Erdoberfläche einige sichere Resultate zur Bestimmung der Zeit, in welcher jene Veränderungen sich zutrugen, und die Zeitdauer, welche die Bildung gewisser Teile der Erdrinde erforderte, zu erlangen sein sollten, wodurch vielleicht zugleich ein besseres Licht über die Umänderungen der Erdoberfläche, zu welchen die Geschichte nicht reicht, verbreitet werden würde. — Da dieser Gegenstand bisher nicht so umständlich und gründlich bearbeitet worden ist, wie er es verdient, so macht die Königliche Gesellschaft der Wissenschaften zum Gegenstande einer Preisfrage: die gründlichste und umfassendste Untersuchung über die Veränderungen der Erdoberfläche, welche in der Geschichte sich nachweisen lassen, und die Anwendung, welche man von ihrer Kunde bei Erforschung der Erdrevolutionen, die außer dem Gebiete der Geschichte liegen, machen kann."

Karl Ernst Adolf von Hoff in Gotha (1771—1837) löste die gestellte Aufgabe durch sein Werk „Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen der Erdoberfläche". Der erste Teil desselben erschien 1822, der zweite 1824, der dritte und letzte 1834. Von Hoff zeigte darin, daß die Veränderungen der Erdoberfläche wesentlich in folgenden bestehen:

1. Umsichgreifen des Meeres und allmähliche Zerstörung der Festländer und Inseln an ihren Ufern, auch Vernichtung ganzer Inseln.

2. Zerstörung der über die Meeresfläche emporragenden festen Teile der Erdoberfläche durch die Einwirkung der Luft und des Wassers, und dadurch bewirktes Herabführen der festen Bestandteile von höheren und niedrigeren Gegenden und auf den Grund der Meere, wodurch die Berge und Höhen erniedrigt, ihre Abhänge verflacht, die Täler erweitert und vertieft, die sogenannten Deltas an den Mündungen der Ströme und die Flachländer um die Ufer der Meere gebildet werden, auch der Boden des Meeres selbst erhöht wird.

3. Veränderungen im Laufe der Flüsse und Ströme und gewaltsame Durchbrüche durch natürliche Dämme; Veränderungen in der Form der Landseen und Täler, welche durch große außerordentliche Wasserfluten gewaltsam bewirkt werden.

4. Einstürzen und Herabgleiten von Felsen und Bergwänden, wodurch ebenfalls die Gestalt der Täler, Flüsse, Landseen, auch der Meeres-

küsten verändert werden kann, manche Landseen ganz oder zum Teil ausgefüllt werden und der Boden derselben erhöht wird.

5. Anhäufen des Sandes an einigen, Wegführen desselben von anderen Stellen der Erdoberfläche und von dem Boden der Meere, wodurch die sandigen Niederungen am Meere, die Dünen und die Sandwüsten im Innern der Länder gebildet werden.

6. Bedeckung des trockenen Landes sowohl als des Meeresgrundes mit Ausflüssen und Auswürfen steiniger, teils geschmolzener, teils starrer Massen aus dem Innern der Erde durch die Mündungen der Vulkane, wodurch der Boden des trockenen Landes oder auch des Meeres erhöht wird, ja ganze Berge und Inseln gebildet werden.

7. Einsinken des festen Bodens, wodurch Vertiefungen und Landseen entstehen.

8. Erhebung des Bodens von innen heraus, wodurch ebenfalls Berge, oder im Meere, in Seen und Flüssen Inseln entstehen, oft auch ganze Strecken Landes in eine höhere Lage gebracht werden.

9. Erhöhung des Meeresgrundes und Bildung neuer Inseln und Klippen durch den Bau der Korallentiere.

In allen diesen Fällen haben sich, wie von Hoff betont, nur diejenigen Kräfte wirksam gezeigt, aus denen wir alle übrigen Naturerscheinungen hervorgehen sehen, deren nächste Ursachen dem Naturforscher nicht unbekannt, sondern ihm wenigstens bis zu gewissen Grenzen erklärbar sind, und in denen sich wenigstens nichts Abweichendes von und nichts Widersprechendes gegen den Gang wahrnehmen läßt, den alle übrigen Naturerscheinungen nehmen. Alle diese Ereignisse haben ferner stets nur gewisse mehr oder weniger ausgedehnte Teile der Erdoberfläche getroffen, und von keiner einzigen von allen aufgeführten Wirkungen ist bekannt worden, daß sie sich plötzlich und zu gleicher Zeit über die ganze Oberfläche der Erde erstreckt hätte.

Damit war der strengste Naturalismus und Empirismus in der Geologie proklamiert, aller Mystizismus abgewiesen. Es muß hervorgehoben werden, daß sich der Fortschrittskampf der Geologie im Grunde stets um diese Alternative gedreht hat: wirken übernatürliche Kräfte an der Bildung der Erde, oder entwickelt sich diese nach eigenen inneren Gesetzen? Die aktualistische Geologie war zunächst nichts als eine Entscheidung für die natürliche Entwicklungsgeschichte der Erde.

Im Schlußkapitel faßt Hoff das Ergebnis seiner Untersuchungen in folgendem Satz zusammen: „Weder Überlieferung noch Beobachtung

der Natur in ihren Erscheinungen geben Beweise für eine einmal erfolgte oder wiederholte allgemeine Umwandlung oder für Zerstörung einer ganzen organischen Schöpfung, sondern überwiegende Gründe erlauben nicht nur, sondern fordern sogar, daß man die Veränderungen, die man auf der Erdoberfläche wahrgenommen hat und noch wahrnimmt, allein der Wirkung derjenigen Kräfte zuschreiben darf, durch die man noch jetzt alle und jede Naturerscheinung hervorgebracht sieht, und daß die für uns unermeßliche Größe der Zeiträume, in welchen diese Kräfte allmählich und immerfort gewirkt haben, genügt, die Veränderungen durch eben diese Kräfte hervorbringen zu lassen."

So hat Adolf von Hoff „die Basis geschaffen, auf der sich erst vollständig der Gedanke einer gesetzmäßigen Entwicklung des Erdkörpers und des organischen Lebens durchringen konnte" (O. Reich, 1905).

In Frankreich bekämpfte Constant Prévost (1825) die Katastrophentheorie vom Standpunkt des Aktualismus aus, aber noch 1829 vertrat Alexander Brongniart die Idee, die Natur habe vor der Sündflut ganz anders und weit großartiger gewirkt als nachher. Der Sündenfall des Menschen scheine die Aktivität der ganzen Natur gelähmt zu haben. Und noch 1834 machte F. Parrot eine Reise zum Ararat, um dort die Arche Noa zu suchen. Auch Elie de Beaumont (1798-1874), der hervorragende Geograph und Geolog, der zuerst auf die Abkühlung der Erde als gebirgsbildenden Faktor aufmerksam machte, beharrte auf der Katastrophenlehre Cuviers. Er unterschied zuerst sieben, dann zwölf, später 15 und endlich 60, vielleicht 100 große Katastrophen. Auf demselben Standpunkt hielt sich Louis Agassiz (1807—1873), gleich hervorragend als Geolog wie als Paläontolog. Die Katastrophen und die jedesmal darauf folgenden Neubildungen sind für ihn „Schritte in der fortschreitenden Entwicklung eines Planes, welcher die physische wie die organische Welt umfaßt". In diesem allmählich verwirklichten Plan offenbare sich das Eingreifen eines Schöpfers in der schlagendsten Weise [8]).

In England war es Charles Lyell (1797—1875), der sich gegen die Katastrophenlehre wandte und sie zu Fall brachte. Seine „Principles of Geology, being an inquiry how far the former changes of the

---

[8]) L. Agassiz, Essay on classification. 1859. M. Brongniart in seinem „Tableau des terrains qui composent l'écorce du Globe", 1829, deutsch von Kleinschrod, 1830. L. de Beaumont, Recherches quelques-unes des révolutions de la surface du globe. Paris 1834.

earths surface are referable to causes now in operation" (1830—1833) ruhen ganz und gar auf dem von Hoffschen Grundsatz, daß die geologischen Kräfte in früheren Perioden der Erdgeschichte keine anderen gewesen seien, als die noch heute tätigen. Das zweite Buch der „Prinzipien" deckt sich sowohl im Titel als auch im Inhalt fast vollkommen mit der „Geschichte" von Hoffs. In Briefen an seine Freunde spricht Lyell des öfteren davon, wie viel er von Hoff verdanke; in seinem Buche sucht man einen Hinweis darauf vergebens. Johannes Walther, Zittel und Otto Reich (s. Anm. 3) haben von Hoff Lyell gegenüber wieder in seine Rechte eingesetzt. Aber Lyell trug den Erfolg davon, der von Hoff versagt war, trotzdem, oder vielleicht weil er den Grundsatz Hoffs zu dem Dogma übertrieb, daß die geologischen Kräfte immer in derselben Weise, in demselben Maße, in demselben Umfang gewirkt hätten wie noch jetzt. Er stellte sich völlig auf den „uniformitarischen" Standpunkt Huttons. Hypothesen über die Entstehung und den Urzustand der Erde lehnte Lyell als nicht zur Geologie gehörig ab: die Erde könne erst dann den Gegenstand einer wissenschaftlichen Untersuchung bilden, nachdem sie im wesentlichen die heutige Gestalt, Größe und Zusammensetzung erhalten habe. Für Lyell gibt es also nur Veränderungen, nicht aber Entwicklung und Fortschritt in der Erdgeschichte. In einem besonderen Kapitel seines Buches sucht er deshalb auch die „Theorie von der progressiven Entwicklung des organischen Lebens in sukzessiven geologischen Perioden" als unrichtig zu erweisen.

Lyells uniformitarische Lehre errang sich die Herrschaft in der Geologie. „Der Grundsatz, in den noch gegenwärtig wirkenden Kräften den Schlüssel zu den Vorgängen in früheren Erdperioden zu suchen, gilt heute als unerschütterliche Basis der ganzen modernen geologischen Forschung", schreibt Zittel 1899. Die Herrschaft seines Grundprinzips blieb jedoch nicht unbestritten. Schon 1839 lehnte sich der geistvolle Bernhard Cotta dagegen auf[9]). Gern will er Lyell zugeben, daß die Naturkräfte und Gesetze von Anfang an dieselben waren; „aber die Wirkungen dieser Gesetze und Kräfte haben offenbar den gegenwärtigen Zustand, der kein ursprünglicher sein kann, erst aus einem früheren herausgebildet und sind sich folglich nicht durch alle Zeiten gleich geblieben, sondern haben sich mit ihren Objekten fortwährend ver-

[9]) Anleitung zum Studium der Geognosie und Geologie, S. 428. Vgl. auch Cottas Briefe über Humboldts Kosmos, 1848, S. 124.

ändert". Aus unzähligen einzelnen Umständen erscheint ihm eine wahre Entwicklungsgeschichte des Erdkörpers deutlich nachweisbar. Auch in seiner Einführung zur deutschen Ausgabe von Lyells Geologie (1857) betont er, daß Lyell zu weit gegangen sei, indem er jeden Fortschritt in der Entwicklungsgeschichte der Erde und des organischen Lebens auf ihr ableugne und nur von steter Umgestaltung rede, wo andere eine sehr allmähliche Entwicklung aus einem einst total anderen Zustand des ganzen Erdkörpers zu finden meinten. Ebenso bestreitet H. G. Bronn (1841) Lyells Behauptung vom Gleichbleiben der Intensität geologischer Erscheinungen, sofern sie von astronomischen Kräften bedingt werden, ebensowohl als jener, die von geologischen Kräften selbst abhängen[10].

In England wandte sich 1869 Thomas Huxley gegen die uniformitarische Theorie Huttons und Lyells[11]. Niemand könne Hutton tadeln, daß er seine Erdtheorie auf die gegenwärtige Ordnung der Dinge beschränkt habe, angesichts des unvollkommenen Zustandes jener physischen Wissenschaften, die den Schlüssel zu den geologischen Rätseln liefern. Aber er, Huxley, könne absolut nicht begreifen, warum der Geolog für immer die ältesten fossilführenden Schichten als das ultima Thule seiner Wissenschaft betrachten solle. Die uniformitarische Geologie, die ihre Zeit gehabt habe, müsse einer evolutionistischen Geologie weichen. Die Geologie als Geschichte der Erde stehe in genauer Analogie zur Biologie als Geschichte der lebenden Wesen, die Entwicklung der Erde aus dem Nebelzustand ihrer ersten Jugend bis zu ihrer gegenwärtigen Form sei ähnlich aufzufassen wie die Entwicklung eines Lebewesens aus der gestaltlosen Protoplasmamasse eines Keims.

1902 endlich stellt J. J. Sederholm fest: „In seiner übertriebenen Form wird dem Uniformitarismus kaum von einem noch lebenden Geologen gehuldigt[12]".

Die Stratigraphie.

Die Geschichte der Erde ist in den Schichten ihrer Gesteinsrinde verzeichnet; sie zu entziffern, ist die Aufgabe der „Stratigraphie".

---

[10]) H. G. Bronn, Handbuch einer Geschichte der Natur I, 1841, S. 62. [11]) Geological Reform. Collected Essays, vol. VIII, 1894, p. 304. — [12]) Verhandlungen der Vers. nordischer Naturforscher und Ärzte in Helsingfors 1902, S. 88: Über die Entstehung des Urgebirges.

Die stratigraphische Geologie, welche die einzelnen Schichten (Strata) der Erde in ihrer Eigenart und Aufeinanderfolge untersucht, vergleicht Huxley treffend mit der Anatomie der tierischen und pflanzlichen Wesen. Und wie die vergleichende Anatomie der Organismen eine Urkunde ihrer Entwicklungsgeschichte darstellt, so ist die Stratigraphie eine wichtige Urkundensammlung für die Geogenesis. Verfolgen wir, wie die Geologie allmählich die einzelnen Blätter dieser Urkunde, die Erdschichten, in ihrer Aufeinanderfolge erkannt hat.

Johann Gottlob Lehmann gab 1756 zum erstenmal eine genaue Beschreibung der „Flötzgebirge", d. h. der geschichteten Gesteine und ihrer Lagerungsverhältnisse. Er beschreibt, ohne sie historisch zu deuten, mit großer Genauigkeit 30 verschiedene Flötze.

Christian Füchsel, fürstlicher Leibarzt in Rudolstadt, definierte (1761) zuerst die Begriffe Stratum (Schicht), Situs (Lager) und Series montana (Formation). Unter der letzteren verstand er eine Reihenfolge von Schichten, die unter gleichen Verhältnissen, aber in langen Zeiträumen, unmittelbar nacheinander gebildet wurden. In Thüringen unterschied er schon 1761 neun solcher Formationen, dazu ein „fundamentum serierum veteris terrae lapidosa superficies", ein altes Grundgebirge in dem noch heute geltenden Sinn. Sein Gedanke, daß eine Formation eine bestimmte Periode in der Entwicklung unserer Erde bezeichne, ist, wie Zittel mit Recht bemerkt, in der Folge von fundamentaler Bedeutung geworden.

In ähnlicher Weise wie Lehmann und Füchsel untersuchte in Oberitalien der Paduaner Professor Giovanni Arduino den Aufbau seines heimatlichen Bodens (1759). Er unterschied die Berge im Paduanischen, Vinzentischen und Veroneser Gebiet nach ihrer Zusammensetzung, ihren Lagerungsverhältnissen und ihrer Entstehung in primäre, sekundäre, tertiäre, Sedimente der Ebene (1823 von Buckland als Diluvium und Alluvium bezeichnet) und vulkanische.

Aus diesen Anfängen entstand die Gliederung der Erdgeschichte.

Gottlob Abraham Werner (1749—1817), der erste, der die Gebirgskunde oder „Geognosie" auf einer öffentlichen Lehrkanzel vortrug, überließ die theoretische Spekulation über die Entstehung und Geschichte der Erde der „Geologie", wie de Luc die Wissenschaft von der Erde zu nennen vorgeschlagen hatte. Aber in Werners Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten (1787) kam doch eine Anordnung zustande, die einigermaßen historisch ge-

nannt werden kann. Sie reicht vom Granit, Gneiß, Glimmerschiefer und Tonschiefer bis zum Geschiebe, Gruß, Sand, Ton und Lehm. Er gruppierte diese Gesteine in „Formations-Suiten", welche Perioden der Erdgeschichte repräsentieren, nämlich: 1. das Urgebirge, 2. das Übergangsgebirge, 3. das Flötzgebirge, 4. das aufgeschwemmte Gebirge, 5. das vulkanische Gebirge. Werner charakterisierte seine „Flötzlager" nicht bloß nach ihrer Gesteinsbeschaffenheit, sondern auch nach ihren eigentümlichen Versteinerungen und sah sich durch fortgesetzte Beobachtungen dieser Art immer mehr in den Stand gesetzt, auch Schlüsse auf das relative Alter der verschiedenen „Flötz- und Übergangsformationen" zu ziehen. Leider scheint er seine Bemühungen in dieser Hinsicht nicht fortgesetzt zu haben, aber auf dem richtigen Weg war er ohne Zweifel[13]).

Schon Martin Lister hatte bemerkt, daß die Muschel- und Schneckenschalen in verschiedenen Gesteinen voneinander abweichen. 1689 hatte Elwyd gefunden, daß gewisse Versteinerungen besonders charakteristisch für gewisse Ablagerungen sind, aber er vermochte diese Beobachtung nicht sicher und allgemeingültig festzustellen, auch waren zu seiner Zeit die Speziescharaktere noch viel zu wenig bekannt. Hier mußte erst Linné (1735) eine sichere Grundlage schaffen.

Erst 100 Jahre nach Lister und Elwyd wurde die große Bedeutung der Versteinerungen für die Chronologie der Erdgeschichte voll erkannt und verwertet. Goethe schrieb schon im Jahre 1782 an Merck: „Es wird bald die Zeit kommen, wo man Versteinerungen nicht mehr durcheinander werfen, sondern verhältnismäßig zu den Epochen der Welt rangieren wird." Aber erst durch William Smith, Cuvier und Brongniart wurde die Bedeutung der „paläontologischen Methode" in das rechte Licht gesetzt.

Bei seinen vielen Besuchen von Steinbrüchen hatte der englische Baumeister William Smith (1769—1839) erkannt, daß bestimmte Versteinerungen immer nur in denselben Schichten vorkommen, niemals in solchen, die in der Reihe höher oder tiefer liegen. Eine von Smith im Jahre 1799 diktierte Tabelle der Schichten in England, in der die einzelnen Schichten mit Nummern bezeichnet sind, ist die erste

---

13) Vgl. E. F. von Schlotheim, Beiträge zur Flora der Vorwelt I, 1804, Seite 9. J. G. Lehmann, Versuch einer Geschichte der Flötzgebirge. Berlin 1856. G. Chr. Füchsel, Historia terrae et maris et historia Thuringiae permontium descriptionem erecta. Acta acad. electa Moguntinae, Erfurt 1762.

stratigraphische Tabelle der Geologie. In den Jahren 1816—1819 ließ dann Smith vier Hefte eines Werkes „Strata identified by organized fossils“ erscheinen, in dem jene erste Tabelle näher ausgeführt ist.

Unabhängig von Smith waren in Frankreich Cuvier und Brongniart dazu gelangt, das relative Alter der verschiedenen Formationen ebenfalls nach den Versteinerungen, den „Leitfossilien“, zu bestimmen[14]), und nun lag der Weg zu einer historischen Stratigraphie der Erdrinde frei.

Verschiedene Versuche, die Reihenfolge der englischen Formationen mit den deutschen, die der amerikanischen usw. mit der europäischen in Parallele zu setzen, führten bald zu der Erkenntnis, daß die Formationen in verschiedenen Gegenden der Erde nicht immer identifiziert werden können, daß sie nicht, wie seit Werner angenommen worden war, gleichmäßig auf der ganzen Erde verbreitet sind, sondern daß sie oft nur lokale Bedeutung haben.

Mit einer sehr wichtigen Erkenntnis hatte seit 1838 der Schweizer A. Gressly (1814—1865) die geologische Stratigraphie bereichert. Er untersuchte die Juraformation bei Solothurn derart, daß er ihre einzelnen Abteilungen nicht nur in ihrer vertikalen, also chronologischen Anordnung, sondern auch in ihrer horizontalen Verbreitung verfolgte. Dabei fand er, daß sich mit der Gesteinsbeschaffenheit, der petrographischen „Fazies“, auch der Charakter der fossilen Fauna änderte, die paläontologische Fazies. Gressly beschreibt die verschiedenen im Solothurner Jura vorkommenden Ausbildungsformen, eine Schlammfazies, Korallenfazies, pelagische, litorale Fazies usw., nebst ihren charakteristischen Versteinerungen, und zeigt, wie sich sowohl aus der Gesteinsbeschaffenheit, als auch aus ihrem Gehalt an organischen Überresten Schlüsse über ihre Bildungsgeschichte ziehen lassen. Hatte man vorher geglaubt, daß sich bestimmte Gesteine nur in bestimmten Zeiten gebildet hätten, so legte Gressly jetzt dar, daß auch aufeinanderfolgende Schichten in gleicher petrographischer Fazies auftreten und dadurch auch in paläontologischer Hinsicht eine ähnliche Beschaffenheit erhalten können[15]). Mit dieser Erkenntnis war der geologischen Chronologie und Genetik ein neues Hilfsmittel zur schwierigen, aber eben deswegen sicheren Altersbestimmung und Entwicklungsgeschichte der Erdrinde gegeben.

---

[14]) Über die Sedimente des Pariser Beckens, 1808. — [15]) A. Gressly, Observations géologiques sur le Jura Soleurois. Nouv. Mem. Soc. helvét. des Sciences natur. Tom. II, IV, V, 1838—1841.

Zahlreiche vergleichende Untersuchungen mit stetig verbesserter Methode führten zu einer immer richtigeren Erkenntnis der Anordnung der Blätter des gewaltigen Buches, auf denen die Geschichte der Erde verzeichnet steht.

Noch in der sechsten englischen Ausgabe seiner „Geologie", 1865, schreitet Lyell in der Darstellung der einzelnen Formationen von den jüngsten zurück bis zu den ältesten. Indessen hatte schon 1846 Karl Vogt in seinem „Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde" die aufsteigende Ordnung gewählt, von den ältesten Bildungen an bis zu den gegenwärtigen, hauptsächlich aus dem Grunde, „weil diese Betrachtungsweise schon ein gleichsam historisches Bild der allmählichen Entwicklung der Erdrinde und der Entfaltung des organischen Lebens auf derselben gewährt".

In fortlaufender Arbeit, Versuchen, Kritik und neuen Versuchen bildete sich allmählich das heute angenommene System der Formationen aus, wie es die Tabelle[16]) auf Seite 202 wiedergibt.

„In der Reihenfolge und Umgrenzung der Hauptabteilungen, der Formationen oder „Systeme", dürften kaum noch nennenswerte Veränderungen vorgenommen werden; dagegen befindet sich die speziellere Gliederung derselben noch in vollem Fluß und ändert sich mit der stetig zunehmenden Kenntnis des geologischen Baues der Erdkruste in Europa und den übrigen Erdteilen" (Zittel 1899).

Unter dem Einfluß Cuviers und d'Orbignys war man geneigt, die Formationen als scharf getrennte Stockwerke aufzufassen, die als Ganzes das Produkt einer abgeschlossenen Epoche seien. Fortschreitende Erfahrung brachte auch dieses Dogma zu Fall. Während man, wie Carl Vogt 1879 ausführt, früher nur das Gewordene, Abgeschlossene ins Auge faßte, und die Übergänge zwischen den Schichten und Schichtengruppen fast ganz vernachlässigte oder höchstens als Ausnahme gelten ließ — ähnlich wie in der Biologie — sind, besonders seit Darwins Neubegründung der Entwicklungslehre, gerade diese Übergangsschichten genauer erforscht worden, mit dem Erfolg, daß die Grenzen zwischen den einzelnen Formationen mehr und mehr ver-

[16]) Über die einzelnen Formationen vgl. die Lehrbücher der Geologie, z. B. E. Kayser, Lehrbuch der geologischen Formationskunde. 3. A. 1908. Die hier beigesetzten Namen und Zahlen bezeichnen den Autor und das Jahr der Benennung; der Inhalt des betr. Begriffs hat oft mancherlei Wandlungen erfahren.

Geologische Formationen.

IV. Känozoische Formationsgruppe (Philipps 1841).

Quartärformation	Alluvium Diluvium
Tertiärformation (Arduino)	Pliozän Miozän Oligozän Eozän Paleozän

III. Mesozoische Formationsgruppe (Philipps 1841).
(montes secundarii [Arduino]; sekundäre Formationen).

Kreideformation (Omalius d'Halloy 1822)	Obere Kreide Untere Kreide
Juraformation (Al. von Humboldt 1795)	Oberer Jura (Malm) Mittlerer Jura (Dogger) Unterer Jura (Lias)
Triasformation (Alberti 1834)	Keuper Muschelkalk Buntsandstein

II. Paläozoische Formationsgruppe (Philipps 1841).
(montes primitivi [Arduino]; primäre Formationen).

Permformation (Dyas) (Murchison 1841)	Zechstein Rotliegendes
Karbonformation (Omalius d'Halloy 1808)	Oberkarbon (produktives Karbon) Unterkarbon (Kulm u. Kohlenkalk)
Devonformation (Sedgwick u. Murchison 1839)	Oberdevon Mitteldevon Unterdevon
Silurformation (Murchison 1835)	Obersilur Untersilur
Kambrische Formation (Kambrium) (Sedgwick 1836)	

I. Archäozoische Formationsgruppen (Archaikum).

Algonkische Formation
Laurentische Formation
Huronische Formation.

schwunden sind. Die Entwicklung der Erde ist ein kontinuierlicher Prozeß[17]).

Die unter dem Kambrium liegenden kristallinischen Schiefer, Granite, Gneiße usw. wurden von den alten deutschen Bergleuten und Werner als das „Ur- oder Grundgebirge" bezeichnet, da sie unter allen anderen Gesteinsschichten angetroffen werden und augenscheinlich die ältesten aller Gesteinsmassen darstellen. Der amerikanische Geologe J. Dana hat für dieses Urgebirge den Namen „archäische Gruppe" oder „Archaikum" vorgeschlagen (1872) und sie in ein älteres und jüngeres Archaikum zerlegt. Van Hise hat später den Ausdruck Archaikum auf Danas älteres Archaikum beschränkt und das jüngere als proterozoische Gruppe oder Algonkium bezeichnet. In ihrer Gesamtheit stellen diese Bildungen wohl die mächtigste Gesteinsfolge der Erdrinde dar; sie ist die einzige, die gleich einer Kugelschale die ganze Erdrinde umspannt[18]). Sie wurde deshalb von vielen Geologen für die ursprüngliche Erstarrungskruste der Erde gehalten, während Gottlob Abraham Werner, der Neptunist, auch das Grundgebirge als eine Sedimentbildung betrachtet hatte. Ebenso Hutton und Lyell, die ihre Verschiedenartigkeit im Vergleich zu allen anderen Sedimentgesteinen auf eine nachträgliche Umwandlung, „Metamorphose", zurückgeführt hatten. Tatsächlich haben die Forschungen der letzten Jahrzehnte gezeigt, daß wenigstens ein Teil des Urgebirges aus metamorphosierten Sedimenten besteht. „Bei mikroskopischer Untersuchung treten die Züge der ursprünglichen Beschaffenheit oft noch mit erstaunlicher Deutlichkeit hervor unter dem Schleier, den die Metamorphose darüber geworfen hat, ungefähr in der Weise, wie auf einem alten Palimpsest der ursprüngliche Text durch die darüber geschriebenen späteren Schriftzeichen hervortritt" (Sederholm). Die Ursache ihrer Metamorphose ist in der starken Pressung infolge Faltung der Erdrinde und in der Einwirkung der inneren Erdwärme zu suchen.

In diesem anscheinend gleichartigen Archaikum haben nun die Forschungen von Sederholm, Ramsay und Haug mindestens drei große geologische Zyklen erkennen lassen, in denen Perioden von Gebirgsbildung mit Perioden ruhiger Sedimentation abwechselten. Ähnlich liegen die Verhältnisse im Algonkium. Es muß also für die vorkambrischen Schichtenfolgen eine Zeitlänge angenommen werden,

---

[17]) C. Vogt, Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde, 2. A. 1879, II, S. 769. — [18]) E. Kayser, S. 16.

„gegenüber welcher die der nachkambrischen Zeit fast zu einem Bruchteil zusammenschmilzt“. Und in diesen präkambrischen Zeiten haben sich die ersten Formen des Lebens entwickelt, von denen kaum noch Spuren zu entdecken sind, deren hochorganisierte Nachkommen im Kambrium uns aber ebenfalls ahnen lassen, welche ungeheuren Zeiträume ihre Stammesgeschichte schon hinter sich hat.

Den etwas summarischen Begriff „Archaikum“ genauer zu bestimmen und in verschiedene historische Abteilungen zu zerlegen, hat nach manchen Vorgängern J. D. Dana versucht[19]). Er unterscheidet:

I. **Die Astralzeit.** Die Erde ist eine flüssige Kugel mit einer Dampfhülle, welche das zukünftige Wasser der Erde oder seine dissoziierten Elemente und andere schwere Dämpfe oder Gase enthält.

II. **Azoische Zeit.** Noch ohne Lebewesen.

1. Stein-Ära. Beginn der Bildung einer festen Kruste. Temperatur über 2500 Grad. Die Atmosphäre enthält noch alles Wasser, alle Kohlensäure, die jetzt im Kalkstein und in kohlenstoffhaltigen Substanzen sowie in den Lebewesen aufgespeichert ist, ebenso allen Sauerstoff, der jetzt durch Oxydation in den Gesteinen gebunden ist, den die Atmosphäre und die lebenden Gewebe enthalten. Die Schrumpfung der Erdrinde setzte ein, es bildeten sich Erhöhungen und Vertiefungen, die orographische Arbeit begann, die Herausbildung der Oberflächen-Gestalt der Erdrinde.

2. Ozeanische Ära. Das Wasser kondensiert sich, schlägt sich nieder und sammelt sich in den Vertiefungen der Erdrinde. Die ersten Gezeiten und Anfang der Verlangsamung der Erdrotation. Ozeanische Wogen und Strömungen, sowie embryonische Flüsse beginnen auf das aufgetauchte und auftauchende Land zu wirken. Der große Gehalt der Luft und des Wassers an Kohlensäure und Sauerstoff beteiligt sich an der Gesteinszerstörung. Vor dem Ende der Ära Bildung von Kalkgestein und Eisenkarbonaten auf chemischem Wege, damit Entfernung der Kohlensäure aus der Luft. Anhäufung von Sedimenten ohne augenblickliche Kristallisation oder Metamorphose, und damit der Anfang der Überkruste der Erde.

---

[19]) On subdivisions in Archaean history. American Journal of Science XLIII, 1892, S. 455. Manual of Geology, 5. Ed. New York 1896, S. 440. ber das Archaikum und Praekambrium vgl. auch J. J. Sederholm im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. I, 1912 und Bd. VII, 1912.

III. **Archäozoische Zeit.** Die niedersten Formen des Lebens entstehen.

1. Ära der ersten Pflanzen. Algen und Bakterien bei einer mittleren Temperatur des Wassers von 65 ^{0} Celsius. Kalksteine und Kieselniederschläge durch vegetale Sekretion. Die chemische Bildung von Eisenkarbonaten und Eisenoxyden durch die in der Luft und im Wasser noch enthaltene Kohlensäure geht weiter. Anhäufung größerer Sedimentmassen, fortschreitende Verdickung der Überkruste.

2. Ära des ersten tierischen Lebens. Mittlere Temperatur etwa 45 ^{0} Celsius, sinkend bis auf 33 ^{0} und weniger. Kalkstein und Silikate werden auch durch animale Sekretion gebildet. Fortgesetzte Niederschläge von Eisenkarbonaten und Eisenoxyden, Anhäufung von Sedimenten.

Mit dem Algonkium, deutlicher erst mit dem Kambrium beginnt die eigentlich historische Geologie, das Zeitalter der organischen Erdgeschichte, in der das Leben zu immer höheren Formen aufsteigt, bis es im Menschen seinen Gipfel erreicht.

---

8. Kapitel.

Geogenetische Chronologie.

Die Zeit in der Erdgeschichte.

Die Schöpfung der Erde mit allem, was darauf und darüber ist, erfolgt in einem zeitlosen Akt. Die Entwicklung hingegen braucht Zeit. Die jüdische Schöpfungslehre, die das Christentum übernahm und heilig sprach, rechnete mit einem „Anfang“ der Welt. Um 344 n. Chr. „berechnete“ der Patriarch Hillel der Jüngere die Zeit des ersten Neumonds nach der Schöpfung. Er fand, daß die Schöpfung im Herbst des Jahres 3761 vor Christi Geburt vor sich gegangen sei[1]). Der Geraer Rektor Hogel brachte heraus, daß Gott am 26. Oktober abends zu schaffen begonnen hatte. Andere entschieden sich für den Frühling, so Petrus de Alliaco, der in seiner „Imago mundi“ (1410) feststellte, daß die Sonne in Mittagsstellung und im Zeichen des Widders erschaffen sei, d. h. also an einem Märzmittag[2]).

Die Schöpfungslehre stand lange Zeit einer richtigen Zeitschätzung entgegen, und damit einer richtigen Auffassung des Weltprozesses überhaupt, im Ganzen wie im Einzelnen.

Eine Ahnung von den ungeheueren Zeiträumen der Erdgeschichte hatte als einer der ersten Linné auf einer Reise nach Schonen gewonnen[3]). Dort schrieb er in sein Tagebuch (1749): „Es schwindelt mir, wenn ich auf dieser Anhöhe stehe und auf die langen Zeiträume hinabsehe, die wie die Wogen im Sunde verronnen sind und so beinahe abgenutzte Spuren der früheren Welt hinterlassen haben, die jetzt nur noch imstande sind, zu flüstern, nachdem alles andere geschwiegen hat.“ Er hätte, fügt er hinzu, die Erde gern für älter halten mögen, als selbst die Chinesen, wenn nur die heilige Schrift es gestattet hätte.

---

1) Vgl. Lewysohn, Geschichte u. System des jüdischen Kalenderwesens. 1856. Schwarz, Der jüdische Kalender. 1872. — 2) C. Sterne, Die allgemeine Weltanschauung in ihrer historischen Entwicklung, 1889, S. 4. — 3) A. G. Nathorst, Linné als Geolog. 1909.

Wenig später war Kant genötigt, die Zeitfrage der Entwickelungslehre zu erörtern, als er seine Kosmogenie schrieb (1755). Er setzt sich, ohne ein Wort weiter darüber zu verlieren, über die beschränkte jüdische Zeitrechnung hinweg und malt mit kühnen Bildern die ungeheure Dauer der Zeit, deren er zu seiner Weltbildung bedarf. „Es ist vielleicht", sagt er, „eine Reihe von Millionen Jahren und Jahrhunderten verflossen, ehe die Sphäre der gebildeten Natur, darin wir uns befinden, zu der Vollkommenheit gediehen ist, die ihr jetzt beiwohnt, und es wird vielleicht ein eben so langer Periodus vergehen, bis die Natur einen eben so weiten Schritt in dem Chaos tut. Die Schöpfung ist nicht das Werk von einem Augenblick. Es werden Millionen und ganze Gebirge von Millionen Jahrhunderten vergehen, binnen welchen immer neue Welten und Weltordnungen nacheinander in den entferntesten Weiten vom Mittelpunkt der Natur sich bilden und zur Vollkommenheit gelangen werden."

In der Geologie suchte zuerst Buffon nicht nur das Alter der Erde im ganzen, sondern auch die Dauer der einzelnen Epochen der Erdgeschichte zu berechnen. Er schätzt das Alter der Erde auf 75 000 Jahre. Kants Millionen können nicht einen so großen Eindruck gemacht haben, wie diese bestimmt angegebene Zahl, die geeignet war, der geheiligten Zahl von noch nicht 6000 Jahren Konkurrenz zu machen.

Um „einen solchen ungeheuren Zeitraum" begreiflich zu machen, sei das einzige Hilfsmittel, meint Buffon recht einsichtsvoll, die langen Zeiträume in mehrere Teile einzuteilen, in unserm Verstand die Dauer jedes Teiles mit den großen Vorgängen und besonders mit der Bauart der Natur zu vergleichen; wahrscheinliche Mutmaßungen anzustellen über die Zahl von Jahrhunderten, die erfordert wurden, um all die Schaltiere hervorzubringen, mit denen die Erde erfüllt ist, ferner über die noch größere Zahl von Jahrhunderten, die verfließen mußten, ehe diese Schaltiere und ihre Überbleibsel von einem Ort zum andern gebracht und zuletzt abgesetzt wurden, und endlich über die Menge der darauf folgenden Jahrhunderte, die zur Versteinerung und Trocknung dieser Materien erfordert wurden. „Man wird alsdann sehen, daß die ungeheure Dauer von 75 000 Jahren, die ich von der Bildung der Erde bis zu ihrem jetzigen Zustand gerechnet habe, noch nicht hinreichend ist, um alle großen Werke der Natur zu erklären, deren

Bauart uns zeigt, daß sie nur durch eine langsame Folge regelmäßiger und beständiger Bewegungen entstanden sein können"[4]).

Um seine Berechnungen plausibel zu machen, führt Buffon ein Beispiel an und untersucht, wieviel Zeit zur Entstehung eines tausend Ruten hohen Tonhügels nötig sei. Die Lagen, aus denen der Hügel von unten bis oben zusammengesetzt ist, haben sich als Niederschlag aus dem Wasser gebildet. Wie langsam dieser Niederschlag erfolgt, lassen die Blätter des Tafelschiefers erkennen. Diese sind so dünn, daß man in der Dicke einer Linie ein Dutzend zählen kann. Nimmt man an, daß jede Flut einen Niederschlag absetzt, der die Dicke eines Zwölftels einer Linie hat, also jeden Tag den sechsten Teil einer Linie, so wird die Lage in sechs Tagen eine Linie, in 36 Tagen sechs Linien, und folglich in einem Jahre ungefähr fünf Zoll dick werden. Es würden daher mehr als 14 000 Jahre zur Anhäufung eines Tonhügels von 1000 Ruten erforderlich sein.

Im einzelnen berechnet Buffon, daß die Erdkugel 2936 Jahre glühend war, und daß ihre Hitze 34 270 Jahre so stark war, daß man sie nicht berühren konnte. Dies wären zusammen 37 206 Jahre, „und von hier an müssen wir den ersten Augenblick der möglichen Entstehung der belebten Natur rechnen". 30—35 000 Jahre vergingen, bevor das Wasser eine bleibende Stätte auf der Erde finden konnte; 15—20 000 Jahre lang war die Erde größtenteils mit Wasser bedeckt, bildeten sich die ersten Schaltiere und die ersten Vegetabilien, dann begann die Tätigkeit der Vulkane, die etwa 5000 Jahre dauerte. 93 000 Jahre nach der gegenwärtigen Zeit wird die Erde kälter sein als Eis, und dann wird alles Leben aufhören.

Buffon bewegt sich, wie Zittel konstatiert, in der Bemessung der Zeitdauer für die einzelnen Epochen auf einem ganz unsicheren Boden. Die ermittelten Zahlen beruhen auf ganz willkürlichen Annahmen, „aber die mit größtem Nachdruck betonte Notwendigkeit, in der Erdgeschichte mit langen Perioden zu rechnen, bedeutet einen der wichtigsten Fortschritte für die Entwicklung unserer Wissenschaft"[5]).

Seit Buffons Darlegungen wurde die große Länge der geologischen Zeiten immer häufiger betont. Erasmus Darwin, wie Goethe und Lamarck sind überzeugt, daß die Geschichte der Erdbildungen mit

[4]) Epochen der Natur. Paris 1778. Deutsch St. Petersburg 1781, I, S. 95. — [5]) C. v. Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie. 1899, S. 69.

großen Zeiträumen rechnen müsse. Goethe schreibt am 27. Oktober 1782 an Merck: „Alle die Knochentrümmer, von denen du sprichst, und die in dem oberen Sande des Erdreichs überall gefunden werden, sind, wie ich völlig überzeugt bin, aus der neuesten Epoche, welche aber doch gegen unsere gewöhnliche Zeitrechnung ungeheuer alt ist.“ Er war im Gegensatz zur Schöpfungslehre der Genesis überzeugt: „Nie war Natur in ihrem lebendigen Fließen auf Tag und Nacht und Stunden angewiesen“; einer freiwirkenden Natur müsse man Jahrtausende Zeit lassen[6]). Erasmus Darwin spricht in seiner „Zoonomia“ (1794) von Millionen von Zeitaltern, die vor dem Beginn der Menschheitsgeschichte abgelaufen seien; Lamarck in seiner „Hydrogéologie“ (1802) von Tausenden von Jahrhunderten, oder von Millionen von Jahrhunderten.

Hutton und sein Illustrator Playfair sind auch in bezug auf die Zeit Uniformitarier. „Wir sehen weder einen Anfang, noch auch ein Ende“, hatte Hutton ausgerufen, und Playfair spinnt den Gedanken weiter: „Es wäre in der Tat unvernünftig, anzunehmen, daß Spuren eines Anfangs oder Endes existierten. Der Schöpfer der Natur hat nicht dem Universum Gesetze gegeben, welche, wie menschliche Einrichtungen, den Keim ihrer eigenen Zerstörung in sich bergen. Er hat in seinen Werken kein Symptom der Jugend oder des Alters erlaubt, oder irgend ein Zeichen, durch welches wir ihre zukünftige oder vergangene Dauer zu schätzen vermöchten.“

Cuvier, der Begründer der Katastrophen-Theorie in der Erdgeschichte, war nicht geneigt, sehr große Zahlen für die Erdgeschichte anzunehmen; aber er spricht doch auch von Tausenden von Jahrhunderten, die vor dem Auftreten des Menschen verflossen seien. Die letzte Erdrevolution, die der Mensch schon miterlebt habe, liege nur etwa 5—6000 Jahre hinter der Gegenwart, eine Zahl, die merkwürdig genau mit der jüdisch-christlichen Zeitrechnung übereinstimmt[7]).

K. E. A. von Hoff, der Begründer des Aktualismus in der deutschen Geologie, hatte eine klare Vorstellung davon, was die Zeit in der Erdgeschichte bedeutet[8]). Er wendet sich sowohl gegen die jüdische Zeitrechnung wie gegen die Zeitverachtung der Revolutio-

---

[6]) Zur Kenntnis der böhmischen Gebirge. 1807. — [7]) Cuviers Ansichten von der Vorwelt. Deutsch von Nöggerath, 1822, S. 206. — [8]) Vgl. die Einleitung zum 1. Band seiner „Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen Veränderungen der Erdoberfläche“, 1822, S. 4.

nisten. Wenn man die eigentlich geologischen Erscheinungen, die Urkunden, die von der Bildung der Erdrinde noch vorhanden sind, genau und frei von Vorurteilen betrachte, so könne man sich sehr leicht und notwendig überzeugen, daß zu dieser Bildung Zeiträume erforderlich gewesen seien, mit deren Umfang 4—5000 Jahre historischer und fabelhafter Überlieferungen gar keine Vergleichung aushalten. Ähnlich wie Buffon macht Hoff die Notwendigkeit, große Zeiträume anzunehmen, klar: „Wenn in die Augen fällt, daß ein Jahrhundert nicht hinreicht, eine Lage Kalkstein von der Dicke eines Fußes zu bilden, in welcher die Überbleibsel mehrerer Generationen von Muscheln in feste kristallinische Steinmasse verwandelt begraben liegen; wenn man Berge von der Höhe mehrerer Tausende von Fußen mit diesen Trümmern organischer Geschöpfe, ehemaliger Bewohner der Meere, angefüllt findet; wenn man die Oberfläche des Meeres jetzt Hunderte von Klaftern unter dem Fuße dieser mit seinen Erzeugnissen angefüllten Niederlagen wogen sieht — dann wird man keinen Zweifel an der Größe der Zeiträume aufkommen lassen, welche zur Hervorbringung dieser und der vorhergehenden geologischen Erscheinungen nötig waren."

Auf genauere Angaben über die Dauer geologischer Zeiträume läßt sich von Hoff nicht ein; ihm genügt es, wenn nur das Resultat als gewiß dasteht, daß die Ausbildung der jetzigen Gestalt der Erdoberfläche so große Zeiträume erfordert hat, wie ein Schluß von demjenigen, auf welchen wir zurückblicken können, und in welchem die vorgegangenen Veränderungen so klein gegen das Ganze erscheinen, sie anzunehmen nötigt. „Dieses Resultat sollte diejenigen, welche Vermutungen und Theorien über die Bildung und Umbildung der Erde anstellen wollen, vorsichtig machen und sie darauf führen: vor allen Dingen zu untersuchen, ob die jetzt vor den Augen des Menschengeschlechts wirkenden Naturkräfte, und insbesondere die Art, wie sie wirken, nicht schon allein und nur mit Ausdehnung ihrer Wirksamkeit durch große, sehr große Zeiträume hindurch hinreichend gewesen sein möchten, die äußeren Formen der Erdoberfläche so auszubilden, wie man sie jetzt findet — oder ob es wirklich notwendig ist, außerdem noch plötzliche, weit verbreitete und außerordentliche Revolutionen anzunehmen, um darauf nach der Weise der meisten Geologen Systeme der Erdbildung zu gründen. Systeme, bei welchen man gewöhnlich Sparsamkeit nur übt an den ohne Maß zu Gebote

stehenden Zeiträumen der Vergangenheit, und dagegen die überall in der Natur nach strengen Gesetzen gemessenen und gewogenen Kräfte und ihre nicht minder gemessenen Wirkungen mit verwegenen Händen zu steigern bemüht ist und sie ohne Maß vergeudet."

Lyell, der englische Nachfolger von Hoffs, brachte dessen Zeitanschauung zum Sieg. Er zählt die niedrige Schätzung der geologischen Zeiten zu denjenigen Vorurteilen, welche die Fortschritte der Geologie aufgehalten haben. „Wer Lyells Prinzipien der Geologie lesen kann und nicht sofort die unfaßbare Länge der verflossenen Erdperioden zugesteht, der mag dieses Buch nur schließen," schrieb Darwin in seinem Werk über „die Entstehung der Arten". Und weiter: „Wie Lyell ganz richtig bemerkt hat, ist die Ausdehnung und Mächtigkeit unserer Sedimentärformationen das Resultat und der Maßstab für die Abtragung, welche unsere Erdrinde an andern Stellen erlitten hat. Man sollte daher selbst diese ungeheueren Stöße übereinander gelagerter Schichten aufsuchen, die Bäche beobachten, wie sie Schlamm herbeiführen, und die See bei ihrer Arbeit, die Uferfelsen niederzuringen, um nur einigermaßen die Länge der Zeit zu begreifen, deren Denkmäler wir rings um uns her erblicken."

Lyell schätzt die geologische Zeit seit den Primordial-Formationen auf 240 Millionen Jahre[9]).

Während die Geologen ihre Altersbestimmungen in der Regel auf Grund der Abtragung und Sedimentation und ihrer Zeitfunktion, der Mächtigkeit der Sedimente vornahmen, legten die Physiker ihren Berechnungen, indem sie von einem feurig-flüssigen Stadium der Erde ausgingen, die Gesetze der Abkühlung heißflüssiger Materien von bekannter Wärmeleitungsfähigkeit und gegebenem Temperaturgrade in einem Stadium von gleichfalls gegebener Temperatur zugrunde. Den ersten derartigen Versuch unternahm Fournier[10]). Der Bonner Chemiker Karl Gustav Bischof ließ Basaltkugeln von verschiedenem Durchmesser schmelzen und erhielt, indem er die Abkühlungswerte derselben auf die Erde übertrug, in sehr ausführlichen Rechnungen für die vollständige Erstarrung derselben auf die Temperatur des Weltraumes einen Zeitraum von 353 Millionen Jahren. „Diese Zahl gilt als ein Maximum, sofern sie sich bloß auf die Abkühlung durch Strahlung und Fortführung (der Wärme) bezieht; sie wird

---

[9]) Grundzüge der Geologie. Deutsch von C. Hartmann I, 1842, S. 139. —
[10]) Théorie analytique de la chaleur. Paris 1824.

14*

aber ein Minimum, weil die Erde von der Sonne und von allen Gestirnen wieder Wärme zurückerhält"[11]). William Thomson, der spätere Lord Kelvin, kam zu dem Schluß, daß die Erstarrung der Erde vor nicht weniger als 20 und vor nicht mehr als 400 Millionen Jahren stattgefunden habe, und hielt ein Alter von 100 Millionen Jahren für das Wahrscheinlichste[12]). Unter einer „durchaus plausiblen" Modifikation der Rechnung Lord Kelvins legte John Perry dar, daß sich ein 25 mal höheres Alter der Erde ergibt, als Kelvin errechnet hatte. Clarence King dagegen gelangte (1893) durch Betrachtungen über die Wirkungen von Wärme und Druck im Erdinnern und durch Schmelzversuche mit Diabasgesteinen zu nur 24 Millionen Jahren[13]). Helmholtz, der von Erwägungen über das Alter der Sonne ausging, führte die Wärmeausgabe derselben auf eine Konzentration ihrer Masse zurück, wie sie sich aus der Laplaceschen Theorie ergibt. Verdichtet sich eine Nebelmasse, die den Raum unseres Planetensystems einnimmt, zu einer Sonne, so wird dabei eine Arbeit geleistet, welche einen Wärmeverlust der Sonne vom Maße des gegenwärtigen für rund 20 Millionen Jahren decken würde. Danach müßte sich die Entwicklung unseres gesamten Planetensystems in rund 20 Millionen Jahren vollzogen haben, und für die Erde wären nur etwa 10 Millionen übrig[14]).

Die großen Differenzen dieser Berechnungen sind der beste Beweis für ihre Unzuverlässigkeit. Geologen und Biologen haben sich immer gegen die niedrigen Zahlen der Physiker ausgesprochen. Mit Recht betont A. Penck, daß eine solche kurze Spanne Zeit kaum genüge, um die Summe der Veränderungen zu erklären, welche sich in der geologischen Schichtenfolge wie in der allmählichen Entwicklung der organischen Welt spiegle. „Hier bemerkt man eine solche Fülle von Einzelvorgängen, daß man für die allmähliche Entwicklung unseres Erdballs unbedingt sehr lange Zeiträume verlangen muß[15])."

Auf diese Fülle von Einzelvorgängen weist auch Melchior Neumeyr hin, indem er uns von der Dauer des Diluvium und der geologischen „Jetztzeit" eine Vorstellung zu vermitteln sucht[16]). Diese

---

[11]) K. G. Bischof, Die Wärmelehre des Innern unseres Erdkörpers, 1837, S. 492. — [12]) Vgl. Thomson u. Tait, Handbuch der theoretischen Physik. Deutsch von Helmholtz und Wertheim. 1874. — [13]) C. King, The age of the earth. Am. Journ. of Science XLV. 1893. — [14]) H. Helmholtz, Über die Entstehung des Planetensystems. 1871. — [15]) Das Alter der Erde. Die Aula, 1895, Nr. 14, S. 426. — [16]) Erdgeschichte II, 2. A., 1896, S. 476.

beiden Abschnitte der Erdgeschichte bilden eine Phase, wie deren seit Beginn der kambrischen Zeit Hunderte verflossen sind. Wenn wir diese im Vergleich zur Gesamtheit kleine Spanne der Entwicklung, deren Einzelheiten uns bekannt sind, überblicken, „welch außerordentliche Menge wichtiger Vorgänge drängt sich in ihr zusammen, zu welch ungeheurer Länge dehnt sie sich aus, wenn wir sie nach dem Pygmäenmaßstabe der menschlichen Lebensdauer, nach unseren historischen Begriffen messen!“ In diesem Zeitraum herrschte in Europa zuerst ein warmes Klima. Dann trat die Eiszeit ein, in vier Wellen, wie man heute weiß, zwischen denen drei Zwischeneiszeiten lagen. Nach der letzten Eiszeit kam allmählich das heutige Klima. Europa war in dieser Zeit erst ein Waldland, später war ein großer Teil Steppe, zuletzt wurde es wieder von Wald überzogen. In dieser Zeit, einem Moment der ganzen Erdgeschichte, wurden Malta und Sizilien durch das Meer von Afrika getrennt, die Landenge von Suez bildete sich, das ägäische Becken wurde vollends überflutet, das Schwarze Meer trat in Verbindung mit ihm, das Kaspische Meer, anfangs noch in Verbindung mit dem Schwarzen, wurde abgetrennt und dampfte dann soweit ein, daß heute sein Spiegel 25 Meter unter dem des Schwarzen Meeres liegt usw. Und all dies nicht infolge von plötzlichen Katastrophen, sondern in langsamer Umänderung. Wie unfaßbar lang muß die Zeit gewesen sein, die zu dieser Umänderung nötig war!

Auf verschiedenen Wegen hat man auch versucht, ein absolutes Zeitmaß für die Dauer einzelner geologischer Perioden zu gewinnen. Zunächst durch Berechnung der Abtragung (Denudation). Die Schichten, welche im Meere abgelagert werden, bestehen aus Materialien zerstörten Landes. Kann man also für die Abtragung des Landes durch die Gewässer ein Zeitmaß erhalten, so läßt es sich auch auf die Schichtenbildung anwenden.

Forel hat durch Bestimmung der gelösten und festen Stoffe, welche die betreffenden Flüsse mit sich führen, ermittelt, daß der Abtrag der Alpen im Rhonegebiet oberhalb des Genfer Sees durch die der Rhone zugeführten Stoffe im Jahre 0,5 mm, demnach in 2000 Jahren 1 m beträgt. Nach Heim trägt die Reuß ihr Flußgebiet oberhalb des Urner Sees jährlich um 0,5 mm ab. 1 m würde also in 3333 Jahren abgetragen sein. Penck errechnete auf ähnlichem Wege ein mittleres Wachstum der Sedimente von 1 m in 7500 Jahren. Nimmt man an, daß auch

in der Vergangenheit die Sedimente in demselben Tempo gebildet wurden, und nimmt man ferner eine Mächtigkeit der fossilführenden Schichten von 18 bis 25 km an, so erhält man für das Gesamtalter dieser Schichten, die paläontologische Zeit, 135 bis 187 Millionen Jahre, rund 150 Millionen. Im einzelnen berechnet Penck für das Quartär ½ bis 1 Million Jahre, für das Tertiär über 10 Millionen, für das Mesozoikum 30 Millionen, für das Paläozoikum 152 bis 162 Millionen[17]).

Nach verschiedenen Methoden haben die Dauer des Känozoikums berechnet: Dana (1874) auf 3 Millionen Jahre, Wallace (1881) auf 4 200 000, Blytt (1890) auf 3 Millionen, Walcott (1893) auf 2,9 Millionen, Upham (1893) auf 3,1 Millionen, Knight (1899) auf 4 Millionen, Sollas (1900) auf 4,2 Millionen, im Jahre 1909 auf 6,38 Millionen Jahre[18]). Diese Zahlen verdienen eingermaßen Vertrauen, da sie nicht sehr beträchtlich voneinander abweichen.

Die Berechnung des Gesamtalters der fossilführenden Schichten stößt indessen deshalb auf Schwierigkeiten, weil die Intensität der Sedimentation zeitlich und örtlich größten Schwankungen unterworfen ist. Wenn man die Profile verschiedener Gegenden miteinander vergleicht, dann ergibt sich, daß innerhalb desselben Zeitraumes die Gesteinsbildung bald ganz gering, bald ungemein intensiv war. In Norwegen ist das Kambrium 100 m mächtig, in Neufundland 220 m, in Nevada 2400 m. „Welche Zahl soll nun gelten, wenn man das Alter der kambrischen Zeit nach der Sedimentbildung schätzen will?“[19])

Mit der Entwicklung der Organismen, die man ebenfalls zu einem geologischen Zeitmaßstab zu machen versuchte, verhält es sich ähnlich wie mit der Sedimentation; denn die Entwicklung verschiedener Stämme verläuft verschieden rasch, ebenso auch die Entwicklung eines Stammes zu verschiedener Zeit[20]).

A. Blytt glaubt einen Anhalt für die Zeitrechnung der Geologie in der „Wechsellagerung“ gefunden zu haben. Er findet im ganzen Umfang der geologischen Schichtreihen, von den ältesten bis zu den jüngsten, einen Wechsel der Gebirgsarten. Konglomerat wechsle mit Sandstein, Sandstein mit Schiefer; Schiefer mit Mergel, Mergel mit Kalk usw. Die wechselnden Schichten sind von sehr verschiedener

---

[17]) Vgl. Penck, Anm. 15. — [18]) Osborn, The age of mammals. London 1911, S. 63. — [19]) J. Walther, Geschichte der Erde und des Lebens, 1908, S. 164. — [20]) Vgl. O. Abel, Über neuere Versuche einer Zeitmessung in der Erdgeschichte. Die Naturwissenschaften IV, 1916, S. 725.

Dicke, von mächtigen Flötzen, die nach vielen Metern messen, bis zu fast unmerkbar dünnen Schichten von wenigen Millimetern. Blytt führt diese Wechsellagerung auf die wechselnde Kraft der ablagernden Strömungen zurück, und diese auf wiederkehrende klimatische Perioden, auf den Wechsel trockener und regnerischer Zeiten. Eine zweite Ursache findet Blytt in den Schwankungen des Meeresstrandes und der dadurch hervorgerufenen Verschiebung der Küsten. Die Schwankungen des Meeresstrandes bezeichnen eine längere Periode, in welche die Perioden infolge der Änderungen der Regenmenge eingeschaltet sind. Sie sollen zwei astronomischen Perioden korrespondieren: der größern und unregelmäßigen, welche durch die Variation der Erdbahn-Exzentrizität hervorgerufen wird, und der kleineren, einigermaßen regelmäßigen, die durch den Umlauf des Aphels und Perihels bezeichnet wird. Blytt nimmt an, daß der Stand des Meeres unter den höheren Breiten mit der Erdbahn-Exzentrizität steigt und fällt, und daß die 21 000 jährige Umwanderung des Perihels die bedingende Ursache sei für den Wechsel der trockenen und regnerischen Zeiten[21].

In der neuesten Zeit hat man endlich auch versucht, die Dauer der geologischen Zeiten aus der Radium-Emanation zu berechnen[22]. Die Methode beruht darauf, daß verschiedene Mineralien Helium aussenden. Aus dem Heliumgehalt eines Minerals und der Heliummenge, die es in einem Jahre abgibt, läßt sich das Alter des Minerals berechnen. Wenn aus dem Mineral kein Helium entweichen würde, so würde der Heliumgehalt zum Alter des Minerals in direktem Verhältnis stehen. In Wirklichkeit entweicht jedoch ein Teil des Heliums. Die Berechnungen liefern deshalb nur eine untere Grenze, die dem wahren Alter der Mineralien um so näher kommen dürfte, je kompakter das Mineral ist.

Nach dieser Methode hat Strutt[23]) das Mineralalter verschiedener Mineralien aus verschiedenen geologischen Zeitaltern berechnet. Er fand für einen

Sphärosiderit aus dem Oligozän	8,4	Millionen	Jahre,
Hämatit aus dem Eozän	31	,,	,,
Hämatit aus dem Carbon	150	,,	,,
Sphen aus dem Archaikum	710	,,	,,

---

21) A. Blytt, Über Wechsellagerung. Biol. Centralblatt III, 1883. — 22) Vgl. M. Levin, Radioaktivität. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. VIII, 1914, S. 73; Rutherford, Radioaktive Umwandlungen, 1907, S. 212. — 23) Proceedings of the Royal Society. London 1910.

Königsberger[24]) fand für ein miozänes Ergußgestein aus der Auvergne 6 Millionen Jahre, für archaische Minerale aus Ontario in Kanada 600 Millionen, Zahlen, die unter Berücksichtigung der etwas verschiedenen Zeitalter denen von Strutt vollkommen entsprechen.

Vielleicht ist hier tatsächlich ein Weg zur absoluten Zeitberechnung der geologischen Perioden beschritten, der uns künftig eine genaue Chronologie der Erdgeschichte gestattet.

Eine direkte unmittelbare Vorstellung der ungeheueren geologischen Zeiträume ist uns nicht möglich. Croll hat versucht, die Länge auch nur einer Million Jahre zur Anschauung zu bringen. „Man nehme", sagt er, „einen schmalen Papierstreifen von 83 Fuß und 4 Zoll Länge und ziehe ihn längs der Wand eines großen Saales. Dann bezeichne man an einem Ende das Zehntel eines Zolls. Dieses Zehntel stellt ein Jahrhundert dar, und der ganze Streifen eine Million Jahre"[25]). Einen neuen Versuch, die Jahrmillionen der Erdgeschichte dem menschlichen Auffassungsvermögen näher zu bringen, habe ich selbst unternommen[26]). Ich nehme mit Haeckel als Minimalzeit der organischen Erdgeschichte 100 Millionen Jahre an, die sich ganz roh, nach der Mächtigkeit der Schichten, ungefähr folgendermaßen verteilen:

Archaikum 52 Millionen Jahre, Paläozoikum 34, Mesozoikum 11, Känozoikum 3, Anthropozoikum (Quartär) 0,1 bis 0,2 Millionen. Reduziert man die hundert Millionen Jahre auf einen Tag, so ergeben sich folgende Zahlen:

I. Archozoikum = 12 Stunden 30 Minuten (von Mitternacht bis ½1 Uhr mittags).
II. Paläozoikum = 8 Stunden 5 Minuten (von ½1 Uhr bis ½9 Uhr abends).
III. Mesozoikum = 2 Stunden 38 Minuten (von ½9 Uhr bis ¼12 Uhr abends).
IV. Känozoikum = 43 Minuten (von ¼12 Uhr bis 2 Minuten vor Mitternacht).
V. Anthropozoikum = 2 Minuten (die beiden letzten Minuten des Tages).
VI. Die „Weltgeschichte" (6000 Jahre) = 5 Sekunden).

Lamarck hatte geklagt: ein mächtiger Grund verhindere uns, die allmählich bewirkten Veränderungen, welche die bekannten Tiere

[24]) Geologische Rundschau I, 1910, S. 241. — [25]) Zitiert in Darwins „Entstehung der Arten", Kap. 10. — [26]) Prometheus X, 1899, Nr. 492, S. 381.

vermannigfaltigt und in den gegenwärtigen Zustand übergeführt haben, anzuerkennen, nämlich der, daß wir nie Zeugen dieser Veränderungen sind. „Wir beobachten die geschehenen Operationen, da wir aber ihre Ausführung nie sehen, so sind wir natürlicherweise genötigt, zu glauben, daß die Dinge immer so gewesen seien, wie wir sie sehen, und nicht, daß sie fortschreitend so geworden sind“[27]. Tatsächlich hat man dies Argument gegen den biogenetischen Gedanken bis auf Lyell und Darwin und darüber hinaus immer wieder angeführt, indem man darauf hinwies, daß die Arten und Rassen im alten Ägypten schon dieselben gewesen seien wie die gegenwärtigen. Mit dem Hinweis auf die fünf Sekunden unserer historischen Erinnerungen dürfte dieser Einwand erledigt sein[28].

---

[27]) Lamarck Zoologische Philosophie. 1801. Zusätze zum 7. u. 8. Kapitel. — [28]) Vgl. zu diesem Kapitel auch die vortrefflichen Studien von F. Ratzel über „Raum und Zeit in der Geographie und Geologie“, 1907.

9. Kapitel.

Minerogenesis und Lithogenesis.

Die Entwicklung der Mineralien und Gesteine.

Von den ungefähr hundert Elementen, die wir kennen, setzen nur acht den Hauptteil der Erdrinde zusammen: der Sauerstoff, der 47 Prozent der ganzen Rinde ausmacht, das Silizium mit 28, das Aluminium mit 8, das Eisen mit 4,5, das Kalzium mit 3,5, das Magnesium, Kalium und Natrium mit je 2,5 Prozent, das sind zusammen 98,5 Prozent; alle übrigen beteiligen sich also nur mit 1,5 Prozent. Alle die genannten Elemente besitzen ein verhältnismäßig niedriges Atomgewicht; das höchste ist 56 (Eisen), das niedrigste 16 (Sauerstoff). Die Elemente mit niedrigerem sowohl als auch die mit höherem Atomgewicht sind nur in geringer Menge vorhanden. Das ist eine Tatsache, die entwicklungsgeschichtlich sicherlich von großer Bedeutung ist.

Der Sauerstoff bildet mit den übrigen acht Elementen Oxyde, von denen neun vorherrschen. Durch ihre Kombination bilden sie eine Reihe von Silikaten, von denen wiederum einige reichlicher auftreten als die andern. Die Silikate kristallisieren zu Mineralien, homogenen Körpern, die in ihrer ganzen Ausdehnung die gleichen physikalischen und chemischen Eigenschaften besitzen. Sie bilden Kristalle mit bestimmtem inneren Bau und eine damit zusammenhängende bestimmte, von ebenen Flächen begrenzte Gestalt, oder sie sind äußerlich unregelmäßig, haben jedoch einen kristallinischen Bau; fehlt auch dieser, so nennt man das Mineral amorph. Man kennt gegenwärtig etwa 1000 Mineralien; nur wenige Hundert kommen in größerer Menge vor; sie sind in verschiedener Weise miteinander vermengt zu in sich ungleichartigen Massen, die man als Gesteine bezeichnet[1]).

---

[1]) Vgl. Chamberlin und Salisbury, Geology, 1896, S. 17.

Diese Stufenreihe der Synthese und Komplikation entspricht genau dem Spencerschen Entwicklungsfortschritt zu immer größerer Integration. Daß auch weniger komplizierte Vereinigungen von Elementen, ja Elemente selbst als Mineralien und Gesteine auftreten, sagt gegen die entwicklungsgeschichtliche Deutung dieser Stufenreihe ebenso wenig, wie das Vorhandensein von einzelligen Pflanzen und Tieren. Aber der Entwicklungsgedanke trat in der Mineralogie und Petrographie spät und selten auf.

Minerogenesis.

In einem kleinen Buch aus dem Jahre 1775, betitelt „Historische Mineralogie oder Beschreibung der Mineralien", beginnt der § 160 mit den Worten: „Die Mineralien wie auch einfache Teilchen derselben, aus welchen sie bestehen und zusammengesetzt sind, sind von Anfang der Welt erschaffen worden." Wie in allen anderen Gebieten der Natur war also auch in der Mineralogie die Schöpfungslehre herrschend. Doch verbindet der ungenannte Verfasser jenes Buches die Schöpfungslehre mit einer gewissen Entwicklungslehre. Die schon vollkommenen Metalle, berichtet er, werden wieder in ihre ersten Grundteile aufgelöst, welche hernach wiederum durch die wirksame Natur zu neuen Mineralien werden. Und für dieses Auflösen nimmt er nur natürliche Kräfte in Anspruch: die unterirdische Luft, das unterirdische Feuer und das Wasser in der Erde. Das war immerhin schon ein fortgeschrittener Zustand gegenüber der Ansicht des gelehrten Jesuitenpaters Athanasius Kircher (1602—1616), der die Entstehung der Gesteine auf eine vis lapidifica zurückführte, welche die verschiedenen Elemente verbinde und härte; ein ebenso mystischer spiritus architectonicus oder plasticus verleihe ihnen ihre sehr verschiedenartige Gestalt.

Linné bestimmte in seinem „Systema naturae" (1735) die Unterschiede seiner drei Naturreiche durch den berühmten Satz: „Lapides crescunt, Vegetabilia crescunt et vivunt, Animalia crescunt, vivunt et sentiunt." Das „Wachstum" ist ihm danach die allgemeine Fähigkeit, die allen Naturkörpern zukommt.

Im Jahre 1749 fand es Linné für nötig, in der Einleitung zu einer akademischen Abhandlung über die Bildung der Gesteinsarten zu erklären, daß die Steine nicht gezeugt würden oder aus Samen oder Eiern wachsen, sondern dadurch entstehen, daß die Partikelchen zu-

fällig aneinander haften und dann zu Stein erhärten[2]). Er meint, die Lithogenesie sei zwar eine sehr einfache Sache, aber nach den derzeitigen Erfahrungen doch noch ziemlich dunkel.

G. A. Werner[3]) charakterisierte die Gesteine nach dem geologischen Alter. Im letzten Grunde war seine Einteilung eine genetische; die vier Hauptabteilungen, in die er die ,,Gebirgsarten" in Rücksicht auf ihre Natur und Entstehung bringt, entsprechen den von ihm angenommenen vier Perioden der Erdgeschichte. Ihre Verschiedenheit ist zurückzuführen auf die jeder Periode eigentümlichen Verhältnisse im Zustand der Erde. Das Wort ,,uranfänglich" für die seiner Auffassung nach ältesten Gesteine führt er ein, weil es ,,den Vorzug hat, daß es ebenso, wie die Benennung der übrigen drei Hauptarten, sich auf die Entstehung dieser Hauptart bezieht".

Für Lamarck[4]) sind die Gesteine, Metalle, Erze ebenso der Entwicklung unterworfen wie die lebenden Wesen, ja er schließt (in seiner Hydrogéologie vom Jahre 1802) die organische Entwicklungslehre in die anorganische ein. Vor dem ersten Entstehen des Lebens auf der Erde sei nur Wasser, das ,,Prinzip Feuer" mit allen seinen Abstufungen, und das ,,Prinzip Erde", d. h. der reine Quarz vorhanden gewesen. Aus diesem Material schaffen die aus ihm selbst entstehenden Urorganismen langsam immer höhere Verbindungen, es entstehen Pflanzen, dann Tiere. Durch ihren Zerfall gehen in unendlich langen Zeiträumen die hohen Verbindungen durch die Zwischenstufen der verschiedenartigen Gesteine wieder in den Urquarz über und schließen damit den ungeheuren Kreislauf alles irdischen Geschehens.

Goethe geht der Bildung und Umbildung der Gesteine, ihrer Metamorphose, ebenso eifrig nach wie der Bildung und Umbildung organischer Naturen. Dem ,,jungen Mineralogen" Walther von Goethe dichtet er das Wiegenlied:

> ,,Aber die Säulchen (Kristalle), wer schliff sie so glatt,
> spitzte sie, schärfte sie, glänzend und matt?
> Schau in die Klüfte der Berge hinein:
> ruhig entwickelt sich Stein aus Gestein."

---

[2]) Hj. Sjögren, Carl von Linné als Mineralog, 1909. — [3]) Kurze Klassifikation und Beschreibung der verschiedenen Gebirgsarten, 1787. — Dazu: L. Milch, Die Systematik der Eruptivgesteine. Fortschritte der Mineralogie III, 1913. — [4]) Vgl. F. Kühner, Lamarck, 1913, S. 69.

Als das Urgestein betrachtet er den Granit, dessen auszeichnender Begriff ist, eine vollkommene Dreieinigkeit seiner Teile zu sein. Gibt der Granit diesen Charakter auf, so geschieht es dadurch, daß einer seiner Teile ein Übergewicht über die anderen bekommt, seine Weise zu sein zur herrschenden macht und die übrigen zwingt, nach dieser Weise sich zu gestalten. „Der Granit, wo er seinen Charakter aufgibt, hat daher nicht eine, sondern mehrfache Verwandlungsarten.“ Dieses Aufgeben seines Charakters, diese Metamorphose, könne man als ein Aussichschreiten, ein Überschreiten ansehen. Über das Gestein, woraus die Karlsbader Quellen entspringen, legt Goethe eine Reihe von Beobachtungen nieder, um die Wichtigkeit der ersten Übergänge des Granits in ein anderes, mehr oder weniger ähnliches oder unähnliches, ja ganz verschiedenes Gestein bemerklich zu machen, und bemerkt dazu: „Eben dieses Differenzieren der Urgesteinart scheint die größten Wirkungen in der ältesten Zeit hervorgebracht zu haben“. Wie den Granit, so betrachtet er auch den Basalt als „Reihenführer gewisser Formationen“. Überall sieht er Mutationen, Metamorphosen, graduierte Umformungen. Auch hier ist alles „Entwicklung aus einem Innern“, dynamisch, nicht atomistisch; angezettelt, nicht zusammengebettelt, von der ewigen Meisterin Natur. „Alle Gebirgsarten trennen und bilden sich kosmisch“[5]).

Seit 1845 war Otto Volger bemüht, die „Entwicklungsgeschichte der Mineralien“ als die wichtigste Aufgabe der Geologie darzutun. Er war es auch, der 1854 diesen Zweig der Wissenschaft zuerst benannt hat[6]). Er wendet sich gegen die schematische Herleitung der Mineralien „aus dem vulkanischen Herd“. Das sei für die Wissenschaft kaum erquicklicher, als wenn wir die Erde mit allen ihren Mineralien so rundweg als „von Gott erschaffen“ hinnehmen sollten. Es müsse vielmehr eine Entwicklungsgeschichte der Mineralien versucht werden. Volger wirft jedoch die Frage auf: „Haben denn die Mineralien eine Entwicklungsgeschichte?“ Die Mineralien, antwortet er, die in den Gebirgsmassen der Erde enthalten sind, erleiden fortwährend eine teilweise Zerstörung, und das Material der Zerstörung wird zu Neubildungen benutzt. Niemand zweifelt daran, daß derselbe Prozeß auch in früheren Perioden der Erde vor sich gegangen ist. Die Gebirgs-

---

[5]) S. Goethes Naturwissenschaftliche Schriften, hgg. von Wilhelm Bölsche (Ausgabe des Bibliographischen Instituts, Heinemann), Bd. 30, S. 286, 87, 112, 325. — [6]) O. Volger, Studien zur Entwicklungsgeschichte der Mineralien. 1854.

massen aller Formationen sind einst „Neubildungen“ gewesen, die aus den Zerstörungsprodukten älterer Mineralien entstanden sind. Die vergleichende Mineralstatistik zeige, daß die Zahl der Mineralsubstanzen, welche in den einzelnen Formationen als eigentümlich in ihr selber gebildet angetroffen werden, von der jüngsten bis zur ältesten Formation immer größer würde. Daraus gehe hervor, daß diese Mineralsubstanzen sich im Lauf der Zeiten, teils früher, teils später entwickelt hätten. Ja, Volger wagt den Schluß: Es gibt Mineralien, welche uns bisher noch gar nicht in ihrem ursprünglichen Zustand bekannt sind.

Scharf wendet sich Volger gegen Berzelius, der die Mineralogie für ein bloßes Exzerpt der Chemie erklärt habe. Die Entwicklungsgeschichte der Mineralien, sagt Volger dagegen, findet in der Chemie keine Erörterung. Zwar seien es chemische Vorgänge, innerhalb deren sich die Entwicklungsgeschichte der Mineralien bewegt; allein diese Vorgänge seien durch ganz andere Bedingungen beschränkt oder begünstigt, als die chemischen Vorgänge in den Laboratorien. Sie nehmen daher nicht selten einen Weg, welchen der Chemiker durchaus nicht erwarten würde, ja welchen derselbe nach den Erfahrungen in den Laboratorien für eine Unmöglichkeit zu erklären geneigt sein möchte. Die wissenschaftliche, experimentelle Chemie bedürfe zu ihrer Ergänzung der mineralogischen Entwicklungsgeschichte, die gewisse Seiten des Chemismus enthülle, welche sich in den Laboratorien schwerlich dem Auge darbieten.

Freilich aber unterscheidet sich nach Volgers Meinung die Entwicklungsgeschichte der Mineralien in einem Punkte sehr von der Entwicklungsgeschichte der Pflanzen und Tiere. „Wir können nicht allemal einen und denselben Anfangspunkt für ein und dieselbe Entwicklungsreihe von Mineralsubstanzen annehmen, wie für die verschiedenen Phasen der pflanzlichen und tierischen Entwicklung. Wir können auch nicht eine Substanz als das Ziel und den Endpunkt einer solchen Reihe hinstellen, wie die zeugungsfähige Phase bei der Entwicklung der Pflanzen und des Tieres.“ In der unorganischen Natur sei kein Fortschritt vom Unvollkommenen zum Vollkommenen in dem Sinne wie in der organischen Natur. Jeder Endpunkt sei selber wieder ein Anfangspunkt, Zerstörung der Anfang der Neubildung. Die unorganische Natur bewege sich in einem steten Zyklus und jeder Zyklus enthalte eine große Menge von kleineren Zyklen. Von jedem Stadium sei eine Rückkehr zu einem früheren Stadium möglich, unmittelbar

oder durch andere Zwischenstadien, und dieselben Elementarstoffe, welche soeben in diesem Zyklus begriffen waren, treten häufig in einen andern parallelen Zyklus hinüber und durchlaufen denselben vollends oder treten früher oder später aus demselben wieder aus usw.

Volger versucht auch im einzelnen die Entwicklungsgeschichte des Glimmers, der Manganerze, der Titanerze usw. aufzuhellen, ohne damit, vom heutigen Standpunkt gesehen, viel Glück zu haben. Es ist immer viel leichter, einen theoretischen Gesichtspunkt aufzustellen, als diesen Gesichtspunkt im einzelnen durchzuführen. Doch sind gerade die Unterschiede der Entwicklungsgeschichte der Mineralien und der Organismen, die er hervorhebt, nicht so streng aufrecht zu erhalten, wenn man sie im Lichte neuerer Tatsachen und Theorien betrachtet. Volger hat bei seinem Vergleich nur die Ontogenesis der Lebewesen im Auge, die allerdings, mechanisch bedingt, einem gewissen Ziel entgegenstrebt. In der Phylogenesis ist eine Spezies als Ziel und Endpunkt der Entwicklung ebensowenig vorausbestimmt wie in der Minerogenesis. Innerhalb der Phylogenesis bildet jede Ontogenesis einen Zyklus, innerhalb dieser die Entwicklung jedes einzelnen Organs, jeder Zelle. Und umkehrbare Entwicklungsprozesse (Dedifferenzierungen) gibt es auch in der Biologie. Vor allem aber ist auch die Ontogenesis und Phylogenesis im letzten Grunde nichts anderes als eine chemische Evolution.

Gustav Bischof[7]) betonte, daß die chemische Analyse der Mineralien eine viel höhere Bedeutung gewinne, wenn sie nicht bloß auf die Aufstellung einer chemischen Formel, sondern auch auf das Genetische gerichtet sei. Da die Umwandlung der Mineralien infolge der Langsamkeit des Prozesses direkt nicht wahrzunehmen sei, da es ferner den Chemikern nur in den seltensten Fällen möglich sei, Umwandlungen eigentlicher Mineralien in den Laboratorien zu bewirken, so bleibe ihnen nichts anderes übrig, als durch chemische Analyse die stufenweise Zunahme der unwesentlichen und die Abnahme der wesentlichen Bestandteile der Mineralien zu ermitteln und daraus auf die Umwandlungsprozesse zu schließen.

Die „Stufenreihen" der mineralischen Metamorphose müssen ebenso erst in Deszendenzreihen umgedeutet werden, wie die Stufenreihen der vergleichenden Anatomie in der Biologie.

---

[7]) Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie I, 2. A., 1863, S. 189.

Aber nicht nur die chemische Analyse und die rein mineralogische Untersuchung lehren die Umwandlung im Steinreich kennen, sondern auch das Mikroskop. „Mit seiner Hilfe kann man an dünn geschliffenen Plättchen zumal der erst halb metamorphosierten Mineralgebilde Schritt für Schritt der molekularen Veränderung nachspüren und das Detail solcher Prozesse vollkommen erfassen“[8]).

Carl Vogt bekennt 1866, er sei durch Selbstanschauung dem Standpunkt derjenigen näher gekommen, welche in der Entwicklung der mineralischen Bestandteile der Erde ebenso eine allmähliche Ausbildung durch physikalische und chemische, langsam wirkende Kräfte annehmen, wie sie in der organischen Natur eine stufenweise Fortbildung erkennen, welche die einzelnen Formen in andere überführt und auf diese Weise die jetzige Schöpfung aus früheren, in anderen Typen zur Erscheinung gelangten, gestaltet[9]).

Friedrich Zirkel[10]) schrieb 1871: „Die Mineralogie hat sich im Laufe der letzten fünfzig Jahre allmählich den engen und beengenden Fesseln einer bloßen morphologischen Systematik zu entwinden gewußt und ist gleich der heutigen Zoologie und Botanik zu einer Wissenschaft geworden, welche nicht nur die Naturkörper ihres Reiches getreulich beschreibt, sondern auch das Entstehen und die Entwicklungsgeschichte derselben, die Bedingungen ihres Daseins, ihr Wachsen und Vergehen zu ermitteln und womöglich diese Verhältnisse durch den Versuch nachzubilden trachtet.“ Er erläutert „den Stammbaum und die Entwicklungsgeschichte einzelner sekundärer Mineralien“.

T. G. Bonney wies 1892 darauf hin, daß in Gesteinen nicht weniger als in Lebewesen Verschiedenheiten der Strukturen die natürlichen Merkmale einer Verschiedenheit der Geschichte sind[11]).

Gustav Tschermak endlich, um nur noch einen zu nennen, hat die „Entwicklungslehre“ der Mineralien, die Minerogenie, in einem besonderen Kapitel seines „Lehrbuchs der Mineralogie“ behandelt[12]). Wenige Beobachtungen genügen, so führt er aus, um die Wandelbarkeit der Mineralien zu erkennen. Besonders bei der mikroskopischen Untersuchung der Gesteine beobachtet man überall deutliche Zeichen

---

[8]) F. Zirkel (Anm 10), S. 38. — [9]) C. Vogt, Lehrbuch der Geologie und Petrefaktenkunde. 3. A. 1866. Vorwort. — [10]) Die Umwandlungsprozesse im Mineralreich. Virchow-Holtzendorffsche Sammlung VI, Heft 136. — [11]) Naturwissenschaftliche Rundschau VII, 1892, S. 557. — [12]) 7. Auflage, bearb. von F. Becke, 1915.

der Veränderung, überall angegriffene und neugebildete Minerale. „Es ist daraus zu entnehmen, daß die Erdrinde in einer beständigen inneren Verwandlung begriffen ist. Diese fortdauernde Veränderung ist ein Absterben alter, zugleich eine Bildung neuer Minerale, ein Verlassen alter, eine Annahme neuer Formen, auf der einen Seite ein beständiges Vergehen, auf der andern ein beständiges Werden." Als wesentliches Moment der Entwicklung des Mineralreichs findet Tschermak die fortdauernde Zunahme der Mannigfaltigkeit. Bei der Bildung des einzelnen Minerals lasse sich „gewöhnlich" kein Fortschritt vom Einfachen zum Zusammengesetzten und Mannigfaltigen erkennen; das einzelne Mineral habe in diesem Sinne keine Entwicklung.

F. Rinne[13]) sieht zwar auch das Hauptinteresse der Mineralogie in der Verfolgung des Gedankens, daß nichts besser hilft, das Wesen eines Dinges zu erkennen, als die Erkundung seiner Entstehungsgeschichte. Die „genetische" Betrachtung der Mineralogen bezieht sich meistens nur auf diese. Das in der Zoologie und in der Botanik fundamental wichtige Moment der Verknüpfung der Objekte durch entwicklungsgeschichtliche Beziehungen kann Rinne hingegen bei den Mineralien nicht finden.

Pseudomorphosen.

Als den ersten Schritt zur Begründung einer wissenschaftlichen Entwicklungsgeschichte der Mineralien bezeichnete Otto Volger das Studium der Pseudomorphosen durch Breithaupt (1815) und vor allem durch Haidinger[14]). Dieser „Bote einer neuen Zeit" erkannte, wenigstens in einigen Fällen offenbar, in den Pseudomorphosen „Daten aus einer für die betreffenden Mineralsubstanzen mehr oder weniger allgemeinen, regelmäßigen Entwicklungsgeschichte und zugleich entschiedene Daten für die Entwicklungsgeschichte derjenigen Gebirgsarten (Gesteine), innerhalb deren die Pseudomorphosen sich finden. Mit Haidingers Nachweisung einer ganzen Reihe von Pseudomorphosen der verschiedenen Eisenerze war die erste Entwicklungsgeschichte der

[13]) Allgemeine Kristallographie und Mineralogie. Kultur der Gegenwart III/III, 2, 1913. — [14]) Vgl. Breithaupt, Über die Echtheit der Kristalle. 1815. Haidinger in Poggendorfs Annalen, Bd. 11, 1827, S. 173 und 366; R. Blum, Pseudomorphosen des Mineralreichs. 1843; R. Nacken, Afterkristalle. Handwörterbuch der Naturwissenschaften I, 1912, S. 79. — Haüy (1745—1822) hatte die Pseudomorphosen „Epigenien" genannt.

Spezien einer Mineralfamilie vorgezeichnet. Mit seiner Nachweisung der Analogie dieser Reihe von Eisenerzen mit der Reihe der Formationen, für welche diese Eisenerze als gleichsam normal angesehen werden können, war der erste Stein zur Gründung eines wissenschaftlichen Gebäudes der Entwicklungsgeschichte der Gebirgsarten gelegt" (Volger).

Was sind Pseudomorphosen? Es sind Kristalle, deren Struktur oder Substanz eine Umwandlung erlitten haben. Die Umwandlung ist dabei so langsam erfolgt daß die äußere ursprüngliche charakteristische Gestalt erhalten blieb; man weiß also stets genau, welches Mineral es gewesen ist, das hier der Metamorphose anheimgefallen ist, denn eine bestimmte Kristallform kann immer nur von einer bestimmten Substanz gebildet werden. Ist dieser Zusammenhang von Inhalt und Form erfahrungsgemäß bekannt, so kann man aus der Form auf den Inhalt, die Substanz, schließen. Vergleicht man die chemische Zusammensetzung des Minerals, das ursprünglich die Kristallform des „Afterkristalls" eingenommen haben muß, mit derjenigen Substanz, die jetzt vorhanden ist, so erkennt man, daß eine Art Stoffwechsel stattgefunden hat. Bald sind gewisse Bestandteile der ursprünglichen Substanz verloren gegangen, bald gewisse andere aufgenommen worden, bald hat ein gegenseitiger Austausch gewisser Bestandteile stattgefunden, bald ist aber auch die ursprüngliche Substanz restlos durch die andere verdrängt worden. Haidinger beginnt seine Abhandlung „über die Veränderungen, welche gewisse Mineralien mit Beibehaltung ihrer äußeren Form erleiden" mit den Worten: „Die Reihe der hier betrachteten Fälle fängt mit den einfachsten an, wo die neugebildete Substanz gleiche chemische Zusammensetzung mit der zerstörten besitzt, und endigt mit denjenigen, wo die Mischung beider Spezies so verschieden ist, daß selbst die Analogie der Fälle nicht hinreicht, um jeden Zweifel, ob sie auf einem solchen Weg erzeugt seien, zu entfernen. Durch diesen Vergleich erhalten wir jedoch das merkwürdige Resultat, daß immer eine neue Spezies erzeugt wird." Die Abhandlung schließt mit der Andeutung, daß das weitere Studium der Pseudomorphosen die „Idee der Spezies" berichtigen werde. In einer späteren Arbeit (1853) schlägt Haidinger für die ursprünglichen, durch Pseudomorphose umgewandelten Kristalle die Bezeichnung „Paläo-Kristalle" vor.

Besonders lehrreich sind diejenigen Pseudomorphosen, welche deutlich erkennen lassen, daß die Metamorphose nacheinander

mehrere Stadien durchlaufen hat. Zirkel[15]) exemplifiziert dies an großen Skalenoeder-Kristallen, die ehemals von Kalkspat gebildet waren, nunmehr aber aus einer dicken äußeren Schicht Brauneisenstein mit einem inneren kleinen Kern von Eisenspat bestehen. „Als die Umwandlung sich dieses schicksalsreiche Skalenoeder zum Gegenstand ihrer Tätigkeit ausersah, wurde zunächst der Kalkspat in Eisenspat verwandelt, der dessen Gestalt getreulich nachahmte. Aber auch er fiel der fortdauernden und etwas andere Form annehmenden Zersetzung anheim und wurde — ebenfalls von außen nach innen — in Brauneisenstein umgewandelt; nicht völlig indessen, indem ein Stillstand in den Prozessen eintrat, oder der Kristall inmitten seiner Weiterentwicklung aus seiner Umgebung genommen wurde, und die innersten Teile verschont blieben. Eine ganz abwechslungsvolle Geschichte weiß ein solches dem Laienauge unscheinbares und wertloses Gebilde dem Kundigen zu erzählen; eine Geschichte, zu deren Entwicklung Tausende von Jahren erforderlich gewesen sein mögen.“

Lithogenesis.

Gesteine, obwohl gewöhnlich zu Symbolen des Dauernden gemacht, sind doch auch beständigen Umwandlungen unterworfen. Durch diese Umwandlungen entstehen neue Gesteine aus älteren in unendlicher Folge. „Die Geschichte der Erde ist auch eine Geschichte der Gesteinsarten“ (J. Walther). Als zwei Hauptgruppen der Gesteine gelten die Erguß- oder Eruptivgesteine und die Sediment- oder Lagergesteine. Jene sind in schmelzflüssigem Zustand aus dem „Innern“ der Erdrinde hervorgebrochen, diese haben sich auf der schon gebildeten Erdrinde abgelagert, entweder aus dem Wasser oder aus der Luft, in denen sie gelöst oder suspendiert waren.

Den schmelzflüssigen Zustand der Ergußgesteine bezeichnet man als „Magma“, und man betrachtet die Magmen als wechselseitige Lösungen von Silikaten, Kieselsäuresalzen. Setzt man voraus, daß die ganze Erde einmal in einem schmelzflüssigen Zustand war, so muß man zu der Vorstellung eines Urmagmas kommen, aus dem sich alle späteren Magmen differenziert haben, wie aus diesen sich verschiedene Ergußgesteine differenzieren. Ist dieser Differenzierungsprozeß einfach eine bloße Auseinanderlegung, Auskristallisierung ursprünglich

[15]) Lit. Anm. 9, S. 17.

schon vorhandener Komponenten, oder eine Zunahme der Mannigfaltigkeit, Übergang aus einem relativ homogenen Zustand in einen relativ heterogenen? Im Zusammenhang mit der Astrogenesis und Hylogenesis betrachtet, muß schon die Vorgeschichte der Ergußgesteine eine Entwicklungsgeschichte sein. Ebenso wird wohl in umgekehrter Folge, wenn aus Gesteinen ein Magma entsteht, eine Dedifferenzierung stattfinden. Daß erfahrungsgemäß unmittelbar vor der Erstarrung die Komponenten der Magmen identisch sind mit denjenigen Verbindungen, welche bei der Erstarrung kristallisieren, spricht nicht gegen unsere Auffassung, nach welcher die Magmen selbst sich im Sinne zunehmender Mannigfaltigkeit aus einem mehr oder weniger homogenen Zustand heraus differenzieren müssen. Doch da die Zeit dieser genetischen Vorgänge allzuweit zurückliegt, werden diese wohl immer mehr oder weniger einer bloß spekulativen Betrachtung zugängig sein.

Ein einheitliches Grundmagma, aus dessen Differenzierung und nachfolgender Vermischung die verschiedenen sekundären Magmen hervorgingen, nehmen bereits Poulett-Scrope (1825), Charles Darwin (1844) und J. Dana (1849) an, ebenso J. Roth (1869) und Rosenbusch (1890). J. P. Iddings[16]) vergleicht die „Verwandtschaft" verschiedener Eruptivgesteine, die einem gemeinsamen Magma entstammen, mit der Blutsverwandtschaft der Organismen. Chemische Eigentümlichkeiten eines Muttermagmas „vererben" sich auf seine Tochtermagmen.

Über die Art und Weise, wie die Spaltung und Differenzierung des Urmagmas und später wieder der sekundären Magmen sich vollzogen haben, herrschten und herrschen noch Meinungsverschiedenheiten; ebenso ist die Frage nach der Ursache der chemischen Differenzierung der Magmen und der daraus hervorgehenden Gesteine noch ungelöst[17]). Man denkt an Druck- und Temperaturveränderungen.

Die Entwicklungsgeschichte der Sedimentgesteine hat vor allen Johannes Walther ganz im Sinne der Entwicklungslehre behandelt[18]). Er knüpft an die durch Darwin sichergestellte Erkenntnis

---

[16]) The origin of igneous rocks. Bull. Phil. soc. of Washington 12, 1892. — [17]) Vgl. N. Grubenmann, Mineral- und Gesteinsbildung. Handwörterbuch der Naturwissenschaften VI, 1912, S. 934; A. Osann, Petrochemie der Eruptivgesteine. Ebenda, S. 603. — [18]) Lithogenesis der Gegenwart. Beobachtungen über die Bildung der Gesteine an der heutigen Erdoberfläche. Dritter Teil einer Einleitung in die Geologie als historische Wissenschaft, 1894.

an, daß die Fossilien nicht das Produkt eines wiederholten Schöpfungsaktes sind, sondern Reste von Pflanzen und Tieren, welche abstammten von ähnlichen, aber doch verschieden gestalteten Vorfahren. „Während so auf dem Gebiete der Paläontologie die genetische Betrachtungsweise maßgebend geworden ist, werden die Gesteine, welche jene Formen umhüllen, und mit ihnen gleichalterig sind, meist nur beschrieben, verglichen und systematisch benannt, und ihre Bildungsvorgänge werden nur spekulativ oder experimentell untersucht. Das geologische Auftreten, die vergleichende Anatomie eines Gesteins wird mit großer Sorgfalt festgestellt, aber seine Vorgeschichte, seine Ahnenreihe bleibt in Dunkel gehüllt". Vereinzelte Studien in dieser Hinsicht waren wohl reichlich vorhanden, aber erst Walther hat sie zu einem Gesamtbild der Lithogenie vereinigt, deren Aufgabe es ist, „die Entstehung der fossilen Gesteine durch Untersuchung der rezenten gesteinsbildenden Vorgänge zu erforschen." Seine Methode ist also die aktualistische, die Hutton, Hoff und Lyell in die Geologie eingeführt hatten, oder die „ontologische", wie Walther sie nennt, angewandt auf das spezielle Problem der Lithogenesis. Diese Methode führt ihn zu weittragenden Folgerungen. Wenn wir, meint er, verstünden, die Hieroglyphen zu lesen, welche die aktuellen Kräfte in die gleichzeitig gebildeten Ablagerungen einzeichnen, wenn wir die Zusammenhänge aller aktuellen lithogenetischen Vorgänge durchschauten, wenn wir eine genaue Phänomenologie der Gesteine besäßen, so könnten wir selbst ohne Fossilien, aus den Gesteinen der Erdrinde allein, die ganze Erdgeschichte herauslesen. Und Walther versucht, die Gesichtspunkte der Entwicklungstheorie und der Selektionstheorie „auf ein Gebiet anzuwenden, das bisher vornehmlich deskriptiv behandelt worden ist".

Wie Lyell und Darwin auf geogenetischem und biogenetischem Gebiet von den gegenwärtigen Verhältnissen und Vorgängen auf diejenigen der Vergangenheit schließen, so Walther auf lithogenetischem. Er überträgt, um sich verständlich zu machen, biogenetische Begriffe auf lithogenetisches Gebiet. Die sich bildenden Gesteine, die Ablagerungen, vergleicht er mit den Embryonen und Larven der Tiere. Er schreibt den Gesteinen, je älter sie erdgeschichtlich sind, um so mehr „erworbene Eigenschaften" zu, die natürlich nicht ohne Einfluß auf ihre Deszendenten sind. So wie die einzelnen Tiergenossenschaften im Laufe der geologischen Vergangenheit ausgedehnte Migrationen unternommen haben, wie die verschiedenen Lebensbezirke ihre Art verlassen, so

haben auch die Regionen der Gesteinsbildung mannigfaltige Wanderungen ausgeführt. Walther unterscheidet zwischen homologen Gesteinen, die den gleichen Ursprung besitzen, aber oftmals verschiedene Eigenschaften haben, von den analogen, deren Entstehung eine grundsätzlich verschiedene ist, obwohl sie in wesentlichen Charakteren übereinstimmen. So wie die Stammesgeschichte der Tiere aus den Erkenntnissen der Paläontologie, Embryologie und vergleichenden Anatomie erforscht wird, so die Stammesgeschichte der Gesteine aus ihrer Paläontologie (der stratigraphischen Petrographie), aus ihrer Entwicklungsgeschichte in der Gegenwart und aus ihrer Vergleichung und systematischen Anordnung.

Manches in diesen Vergleichsversuchen mag übertrieben genannt werden; aber es mag auch zurückgeführt werden auf die Entdeckerfreude in einem genetisch noch so wenig durchgearbeiteten Gebiet.

Als sieben Entwicklungsphasen der ontogenetischen Lithogenesis unterscheidet Walther: die Verwitterung, die Abtragung, die Weiterbeförderung, die Abschleifung, die Auflagerung, die Diagenese und Metamorphose. Für die Lithogenesis, die Entwicklung der Gesteine im eigentlichen Sinn, sind am bedeutsamsten die Diagenese und die Metamorphose.

Nachdem die Ablagerung einem unterliegenden festen Boden aufgelagert ist, verändert sie in der Regel ihre Lage nicht mehr. Dagegen vollziehen sich in ihrem Innern physikalische und chemische Vorgänge, Veränderungen, die, wenn sie nicht durch Erhitzung oder durch Gebirgsdruck hervorgerufen werden, als Diagenese bezeichnet werden. Die Diagenese führt zur Versteinerung der Ablagerung. Diese wird härter, dichter, vorher amorphe Massen werden kristallinisch, es erfolgen Umkristallisationen, wodurch neue Mineralaggregate entstehen. Kommt vulkanische oder die natürliche Erdhitze dazu, die Einwirkung heißer Quellen oder Fumarolendämpfe, oder macht sich der Gebirgsdruck geltend bei Auffaltung oder Überlagerung neuer Gesteinsmassen, so werden die Gesteine in ihrem physikalischen Gefüge wie in ihrer chemischen Zusammensetzung verändert, es entstehen wiederum neue Mineralien und Gesteine, während andere zugrunde gehen. Dieser letztere Vorgang wird speziell als Gesteins-Metamorphose bezeichnet. Die Metamorphose verwandelt z. B. kristalline Schiefer in Sanidin- und Cordieritgesteine. „Quarz wird unter den äußeren Anzeichen der Schmelzung aufgelöst, die Kieselsäure zur Neubildung von Feld-

spat, Cordierit, Hypersthen verwendet. Muscovit verschwindet ohne Anzeichen der Schmelzung; es entsteht Alkalifeldspat und Cordierit. Granat liefert die Bestandteile für Hypersthen, Feldspat, Spinell, Korund, Magnetit usw."[19]). Das scheinbar Unwandelbare wandelt sich unaufhörlich, wenn auch äußerst langsam für unsere Zeitauffassung. Es ist kein Moment Stillestehen auch in der anorganischen Natur.

Den großen Zyklus der Metamorphose, den die Gesteine durchlaufen, haben die Amerikaner C. K. Leith und W. J. Mead zu schildern versucht[20]). Ein Magma dringt in die äußere Rinde der Erde. Sobald es erstarrt und kristallisiert, verändert es sich schon, rascher nahe der Erdoberfläche, langsamer in größerer Tiefe. Wasser, Kohlensäure, Sauerstoff usw. greifen das Gestein an. Eisenoxydul oxydiert sich und ein großer Teil davon hinterbleibt als Limonit. Alkalien und alkalische Erden bilden lösliche Salze und werden in bestimmter Ordnung ausgelaugt. Freier Quarz ist stärker widerstandsfähig. Der Rest der Basen bildet mit Kieselsäure und Tonerde Hydrosilikate. Überschuß von Tonerde und Kieselsäure bleiben als Ton zurück. Zuletzt hinterbleiben Eisenoxyd, Quarz, Ton und verschiedene Tonerdesilikate. Erosion breitet die Produkte dieser Veränderungen aus; sie werden getrennt in Sand, Schlamm, Eisenerze. Die gelösten Substanzen werden von den Bächen, Flüssen, Strömen ins Meer geführt und bleiben in Lösung oder werden abgesetzt als Kalk, Dolomit, Kiesel, Eisenkarbonat und Eisensilikat. Als schließliches Resultat der Zersetzung des ursprünglichen Ergußgesteins bleiben Sediment, Meersalze und die nicht weiter transportierten Überreste vom Gesteinszerfall. Durch diese „Katamorphose" wird das Eruptivgestein der Atmosphäre und Hydrosphäre angepaßt.

Sobald die Sedimente abgelagert sind, beginnt die Verfestigung und die „Anamorphose". Befördert wird dieser Prozeß zunächst durch den Druck darüber gelagerter Sedimente. Früher aufgenommene Bestandteile werden wieder abgegeben, erst Wasser, dann Kohlensäure, dann der Sauerstoff. Die Basen verbinden sich wieder mit Tonerde und Kieselsäure. Die Mineralmoleküle werden komplexer, das Volumen nimmt ab. Je mehr die Gesteine unter der Last überlagernder Sedi-

---

[19]) R. Brauns, Die kristallinen Schiefer des Laacher Seegebietes und ihre Umwandlung zu Sanidinit (1911). Ref. von F. Becke, Fortschritte der Mineralogie I, 1911, S. 221. — [20]) Metamorphic Studies. Journal of Geology 1912. Ref. von F. Becke in: Fortschritte der Mineralogie V, 1916, S. 210.

mente begraben werden, oder je mehr sie dem Einfluß der Erdwärme ausgesetzt werden, desto mehr schreiten die anamorphischen Umwandlungen voran. In chemischer und physikalischer Hinsicht nähert sich das Gestein wieder dem ursprünglichen Erstarrungsgestein. Vielleicht, wenn die Sedimente genügende Tiefe erreichen, werden sie wieder zu Magmen.

Hat etwa unsere Erde diesen Zyklus schon mehrmal durchlaufen?

Lithogenetische Selektion.

Schon in seiner „Lithogenesis", speziell aber in einer Vorlesung „über die Auslese in der Erdgeschichte" (1895), hat Johannes Walther auch das Darwinsche Selektionsprinzip auf die Lithogenesis übertragen. Auch in der unbelebten Natur hängt die Häufigkeit, ja die Existenz eines Gesteins wie eines Minerals nicht allein von den Bedingungen der Bildung, sondern ebenso sehr von den Umständen der Erhaltung ab. Von den unzähligen Ablagerungen, Mineral- und Gesteinsbildungen, die im Laufe der geologischen Vergangenheit gebildet worden sind, gingen die meisten wieder zu Grunde, infolge ungünstiger Umgebungsbedingungen, und nur eine beschränkte Anzahl blieb erhalten. Zwischen Entstehung und Erhaltung schaltet sich die natürliche Auslese ein. Schon Bischof, der damals von „Selektion" nichts wissen konnte, weist in seinem „Lehrbuch der chemischen und physikalischen Geologie" (1847) auf eine Tatsache hin, die nur durch Selektion zu erklären ist. Wir finden nämlich in der Erdkruste, soweit wir sie kennen, stets diejenigen Stoffe miteinander gemischt, welche die am schwersten löslichen Verbindungen eingehen. Geht ein Stoff mit mehreren andern Verbindungen ein, so kommen die am schwersten löslichen am häufigsten vor.

Eine Ablagerung, welche sich leicht bildet, aber nur schwer erhalten bleibt, ist die Zellulose; die in ungeheurer Menge von den Pflanzen erzeugt wird, aber durch Vermoderung meist zugrunde geht. Selten finden sich Umstände zusammen, bei welchen Zellulose in größeren Massen erhalten und diagenetisch in Gestein verwandelt werden kann. „Der Kohlenreichtum des Karbon und des Tertiärs in Mitteleuropa ist nicht so sehr eine Folge gesteigerten Pflanzenwachstums als vielmehr das Resultat günstiger Erhaltungsbedingungen." In unserm Klima hat der Granit ein Übergewicht über andere Gesteine als bergbildendes Material, und Porphyr ist hier oft stärker verwittert; in der Wüste

ist der Granit der physikalischen Verwitterung stark unterworfen, er zerfällt zu Wüstensand, während die Phorphyrgänge, die ihn durchsetzten, erhalten bleiben und als hohe Felsrippen emporragen.

Das Gesetz der Auslese beherrscht also auch die Entwicklung der Mineralien und Gesteine; wie Grubenmann es ausdrückt: Jedes Mineral und jedes Gestein von bestimmter stofflicher Zusammensetzung hat innerhalb bestimmter Drucke und Temperaturen sein „Existenzfeld", und bei Überschreitung dieser physikalischen Grenzen bilden sich aus den gegebenen Substanzen wieder andere Mineralien und neue Mineralkombinationen[21]). Aus irgend welcher Stoffkombination geht daher innerhalb einer gewissen, vom Druck abhängigen Temperatur ein bestimmtes Mineral hervor; wird diese Temperatur und dieser Druck nicht eingehalten, so entsteht aus dem gleichen Stoff ein anderes Mineral. So kann beispielsweise aus einer bestimmten Stoffkombination — (Mg O, Fe O), $Al_2\,O_3$ und $Si\,O_2$ — bei niedriger Temperatur Chloritid, bei höheren Temperaturen Staurolith und in den höchsten Hitzegraden Cordierit hervorgehen. „Theoretisch kann jedes Gestein angesehen werden als ein chemisches System, das unter den gegebenen Umständen sich in einem bestimmten Gleichgewichtszustand befindet. Tritt in den bestehenden Konzentrations-, Temperatur- und Druckverhältnissen eine Verschiebung ein, so wird dieses Gleichgewicht gestört, und die Vorgänge der Metamorphose entspringen alsdann einem Streben, diese Störung wieder auszugleichen und einen neuen Gleichgewichtszustand herzustellen"[22]).

---

[21]) W. Grubenmann, Zur Klassifikation der metamorphen Gesteine. Fortschritte der Mineralogie II, 1913, S. 228. — [22]) W. Grubenmann, Handwörterbuch der Naturwissenschaften VI, 934.

10. Kapitel.

Atmogenesis und Hydrogenesis.

Die Entwicklung der Atmosphäre und der Hydrosphäre.

Ein notwendiges Glied in unserer genetischen Kette ist die „Entwicklungsgeschichte der Erdatmosphäre", wie sie Svante Arrhenius genannt hat, und des Wassers, der Hydrosphäre unserer Erdkugel. Gottlob Linck hat in einem Vortrag über „Kreislaufvorgänge in der Erdgeschichte" (1912) eine Theorie der Atmogenesis und Hydrogenesis entwickelt, deren wesentlicher Inhalt im Folgenden mitgeteilt sei[1]).

Linck geht von einem Zeitpunkt aus, „der unter den Männern von Fach unbestritten ist", nämlich der Zeit, da die Erde noch feurig-flüssig war. Damals war wohl die Erde mit einer Dampf- oder Gasatmosphäre umgeben, die aus den Dämpfen der feurig-flüssigen Bestandteile bestand, während in ihrem Kern bereits die schweren Bestandteile aufgespeichert waren, die wir darin vermuten müssen. Atmosphärisches Wasser fehlte noch.

Die Erde kühlte sich ab und dabei wurde zunächst der Sauerstoff frei, der bis dahin an das Eisen gebunden war, und verbrannte mit dem ebenfalls im Eisen vorhandenen Wasserstoff oder mit dem Wasser der Kohlenwasserstoffe zu Wasser, das in Dampfform der Erdatmosphäre zuströmte. Das muß geschehen sein, noch ehe eins der heutigen atmosphärischen Gase in größerer Menge vorhanden war.

Bei weiterer Abkühlung bildet sich eine Erstarrungskruste um den glühend-flüssigen Erdkern. Die Mineralien beginnen zu kristallisieren. Vorgänge spielen sich ab, die im Vulkanismus der Gegenwart ihre Analogien haben.

---

1) Vgl. auch Svante Arrhenius, Das Schicksal der Planeten, 1912.

Kühlt sich die Erde bis auf 800 bis 1000 Grad ab, so entweichen im Zusammenhang mit der Kristallisation der Mineralien die vulkanischen Emanationen. Sie liefern der Atmosphäre in bestimmter Folge: Chlor, Salzsäure, Chloride des Kaliums, Natriums und Eisens, bei etwas tieferer Temperatur Chlorammonium und Schwefelsäure, späterhin Kohlensäure und Kohlenoxyd, bei den tiefsten Temperaturen den Rest der Kohlensäure, Ammoniak und Wasserstoff.

Bei fortschreitender Abkühlung werden die Salze dieser Atmosphäre in festem Zustand auf der Erdoberfläche niedergeschlagen, und es bleibt eine Atmosphäre, die reich ist an freien Säuren, an Kohlenwasserstoffen und an Stickstoff. Ist die Abkühlung bis unter die kritische Temperatur der damaligen atmosphärischen Gase fortgeschritten, dann schlagen sich auch diese nieder. Es beginnt zu regnen, aus den schweren Wolken strömt ein stark salzhaltiges, an Kohlenwasserstoffen reiches Wasser. Die Sonnenstrahlen durchdringen die leichtere Atmosphäre, es wird Licht auf der Erde, und in der Atmosphäre verbleiben nur noch Stickstoff und Kohlensäure, kleine Mengen von Kohlenwasserstoffen und wechselnde Mengen von Wasserdampf.

Als sich das erste Wasser auf der Erde niederschlug, kann noch kein Sauerstoff in der Erde vorhanden gewesen sein, denn die vulkanischen Emanationen, wie überhaupt die ganze Erde nach ihrer Gesamtzusammensetzung, haben einen reduzierenden Charakter.

Infolge der Abkühlung der erstarrenden Erdrinde bildeten sich Gebirge, es entstanden Höhen und Tiefen. In dem Augenblick, da das erste Wasser herniederfällt und, ohne sofort wieder in Dampfform in die Atmosphäre geschleudert zu werden, seinen Kreislauf auf der Erde beginnt, löst es die Salze der Erdrinde, zerstört infolge seines Säuregehaltes die vorhandenen Gesteine und bildet neue Salze. So strömt es salzbeladen den Tiefen zu, und ein von Anfang an salziges Weltmeer brandet um die Küsten der Kontinente und Inseln.

Woher nun der Sauerstoff in der Atmosphäre der Erde?

Im Jahre 1856 lenkte Koene in Brüssel die Aufmerksamkeit darauf, daß der Sauerstoff in der Luft ungefähr mit der Kohlenmenge der Erdrinde äquivalent ist. Das deute darauf hin, daß der Luftsauerstoff ebenso wie die fossile Kohle infolge ein und desselben Prozesses aus Kohlensäure hervorgegangen sei. Dieser analysierende Prozeß könne nur die Lebenstätigkeit der Pflanzen gewesen sein, die mit Hilfe des Sonnenlichtes die Kohlensäure der Atmosphäre zersetzen, den

Kohlenstoff aufspeichern und den Sauerstoff freigeben. Die ersten Pflanzen — oder sagen wir neutraler: Organismen — hätten also ohne Sauerstoff auskommen müssen, den sie vielmehr erst befreiten. Das ist möglich, wie die noch jetzt existierenden „Anaërobien" oder „Anoxybionten" beweisen, die nicht nur keinen freien Sauerstoff nötig haben, für die er zum Teil sogar ein starkes Gift ist. Sauerstoff brauchen auch sie für ihren Stoffwechsel, aber sie beziehen ihn aus Sauerstoffverbindungen, nicht, wie die Aërobien, aus dem freien Sauerstoffvorrat der Luft. Es ist aber auch möglich, daß die Anaërobie eine sekundäre Erscheinung ist, entstanden durch allmähliche Anpassung gewisser Organismen an sauerstoffarme Umgebung, so in größeren Tiefen des Wassers, im Schlamm und tiefer in der Erde. Die ersten Lebewesen der Erde können also doch auch Luftorganismen gewesen sein, d. h. erst entstanden sein, nachdem die Erdatmosphäre auch Sauerstoff erhalten hatte[2]).

Die Zersetzung der Kohlensäure und des Wassers in der Pflanze und ihre Verwandlung in Kohlenhydrate und Sauerstoff ist ein katalytischer Prozeß, der im Sonnenlicht bei Anwesenheit von Chlorophyll — des Katalysators — bewirkt, oder richtiger: beschleunigt wird. Denn die katalytischen Prozesse vollziehen sich, wie man jetzt weiß, auch ohne Katalysatoren, nur sehr viel langsamer. Mithin läßt sich annehmen, daß Sauerstoff bei Einwirkung von Sonnenlicht auch dann aus Kohlensäure entstehen kann, wenn keine Pflanzen vorhanden sind. Jahrmillionen hindurch im Gange, könnte auch auf diesem Wege eine beträchtliche Menge von Sauerstoff in der Atmosphäre angehäuft werden.

Jedenfalls wurde dieser Prozeß beschleunigt, als pflanzenähnliche Organismen entstanden waren. Mit der Zunahme des Sauerstoffs wurden die Lebensbedingungen für die Tierwelt geschaffen.

Das organische Leben hat auch eine Vermehrung des Stickstoffs zur Folge, denn die aus den vulkanischen Elementen stammenden Ammoniumsalze werden von den Pflanzen verbraucht, und Pflanzen wie Tiere liefern bei ihrer Verwesung reichliche Mengen von Stickstoff. So wurde die gewaltige Menge von Ammoniumsalzen und Kohlensäure, welche im Laufe der Aeonen die Vulkane verlassen haben, fast gänzlich aufgebraucht, und so erhielt die Atmosphäre ihre heutige Zusammen-

---

[2]) Vgl. F. Czapek, Kreislauf der Stoffe in der organischen Welt. Handwörterbuch der Naturwissenschaften V, 1044.

setzung. Abkühlung, Vulkane, mechanische und chemische Wirkung des Wassers, der Luft, der Organismen haben in Synergie während der Erdgeschichte den heutigen Zustand geschaffen. Ein automatischer Regulator für den Stand der Kohlensäure ist jetzt das Meer, das bei Zunahme der Luft-Kohlensäure große Mengen davon absorbiert, bei einer Abnahme sie aber ebenso leicht wieder abgibt[3]). Aber der Kohlensäurekreislauf scheint langsam dem Ziele zuzustreben, den allergrößten Teil der irdischen Kohlensäure in Form schwerlöslicher Karbonate tierischer, seltener pflanzlicher Produkte festzulegen[4]), wie es z. B. in den Karbonaten unserer Kalk- und Dolomitgebirge geschehen ist. Ebenso überwiegt wohl heute schon der Verbrauch des Sauerstoffs durch Oxydationsprozesse seine Produktion durch Reduktionsprozesse.

Das erste Wasser des Meeres war, wie Linck auf Grund von Tatsachen und ihrer gedanklichen Verknüpfung annimmt, besonders reich an Ammoniumsalzen, weil diese durch die vulkanischen Emanationen sehr reichlich geliefert wurden, dann an Salzsäure, Schwefelsäure und Kohlensäure. Später traten die heutigen Salze hinzu, zuerst in geringen Mengen, dann nahm das Chlorammonium infolge der Zufuhr von Alkalikarbonaten ab und die Alkalichloride nahmen zu. Die Ammoniumsalze werden durch die Pflanzen zerstört, die Alkalichloride und die übrigen Salze indessen andauernd, wenn auch mit abnehmender Geschwindigkeit, vermehrt, so daß allmählich der heutige Zustand erreicht wird und eine Änderung des Salzgehaltes der Meere heute nicht mehr erkennbar ist. Auch hier ist ein Zustand annähernder Stabilität erreicht.

Paläoklimatologie.

Ist die Rekonstruktion des atmogenetischen Prozesses in der vorgeologischen Zeit unserer Erde ganz vorwiegend hypothetisch, so gibt es für die Veränderung der Atmosphäre während der geologischen Epochen wenigstens einige Anhaltspunkte in den geologischen Erscheinungen, sowie im Auftreten und in der Organisation der Pflanzen und Tiere; Anhaltspunkte, die es gestatten, eine Paläoklimatologie zu wagen[5]). Den ersten Grundstein dazu legte Robert Hooke im

---

[3]) W. Meigen, Atmosphäre. Handwörterbuch der Naturwissenschaften I, 625. — [4]) F. Czapek, (Anm. 2), S. 1043. — [5]) Vgl. W. Eckardt, Das Klimaproblem der geologischen Vergangenheit und historischen Gegenwart. 1909. Paläoklimatologie, 1910; M. Semper, Paläoklimatologie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften VII, 1912, S. 460.

Jahre 1688, indem er aus dem Vorkommen von fossilen Schildkröten und großen Ammoniten in Portland auf ein ehemaliges wärmeres Klima seines Landes schloß. Girauld Soulavie hielt das Vorkommen von Farnen, Schachtelhalmen und anderen Pflanzenabdrücken in den Steinkohlenschichten der Cevennen für einen Beweis dafür, daß während der Entstehung dieser Schichten ein warmes Klima geherrscht habe[6]). Auch im 19. Jahrhundert sind derartige Schlüsse oft gezogen worden, so von Brongniart, Schlotheim, Unger, besonders aber von Oswald Heer in seinen Untersuchungen über die tertiäre und arktische Flora[7]). Man schloß aus dem paläontologischen Vorkommen gewisser Tier- und Pflanzenarten, deren nächste Verwandten heute ein bestimmtes Klimagebiet der Erde bewohnen, auf ein ebensolches Klima in geologischer Vergangenheit. So finden sich z. B. im Eozän Deutschlands, Belgiens und Frankreichs zahlreiche fossile Reste von Palmen, während Palmen jetzt nur in den Tropen und Subtropen vorkommen; also, so schloß man, hat im Eozän in unseren Breiten ein tropisches oder subtropisches Klima geherrscht.

Aber solche Schlüsse ruhen auf unsicheren Voraussetzungen. Die fossilen Tier- und Pflanzenarten sind meist andere als die der Gegenwart; man kann annehmen, daß auch ihr klimatisches Existenzfeld ein anderes gewesen ist. Aber auch dieselben Organismen können sich in verschiedener Weise akklimatisieren. Die in den mesozoischen Ablagerungen weit verbreitete Muschelgattung Astarte ist heute fast ganz auf die kalten Meere beschränkt, ebenso der letzte Vertreter der früher weit verbreiteten Gattung Cyprina. Die Haifischgattung Selache, die jetzt auf die grönländischen Gewässer beschränkt ist, findet sich fossil in der Kreide viel südlicherer Gegenden. Es fragt sich ferner, ob nicht andere als klimatische Verhältnisse das Erlöschen oder die Auswanderung der betreffenden Arten herbeigeführt haben, etwa Nahrungsbedingungen, oder die Konkurrenz neu eingewanderter Mitbewerber, oder rein geologische Vorgänge, z. B. ein Wechsel der Fazies. Wenn aber die alttertiäre Flora von Grönland und Spitzbergen sich aus Buchen, Pappeln, Ulmen, Eichen, ja sogar Taxodien, Platanen und Magnolien zusammensetzt, während heute die Baumgrenze 10 bis 22 Breitegrade südlicher läuft, so liegt es doch sehr nahe, anzu-

---

[6]) Histoire naturelle de la France méridionale. 1780—1784. — [7]) Flora tertiaria Helvetiae, 1855—1859; Flora Arctica, 1869—1884.

nehmen, daß in jenen Gegenden ehemals ein abnorm warmes Klima geherrscht habe.

Auch gewisse Anpassungserscheinungen der fossilen Tiere und Pflanzen lassen sich zu klimatologischen Schlüssen verwenden. Die Eozänflora von Aix läßt Blattformen erkennen, die denen rezenter Pflanzen in manchen Gegenden Afrikas und Australiens ähnlich sind. Als ausgeprägte Anpassungsmerkmale berechtigen sie dazu, gleiche Anpassungsbedingungen vorauszusetzen, in diesem Falle ein warmes und trockenes Klima mit heftigen Regengüssen. Jahresringe der Bäume können indessen nicht immer auf einen Wechsel von warmen und kalten Jahreszeiten bezogen werden; denn Ringbildung tritt auch infolge ungünstiger Vegetationsbedingungen ein und als generisches Merkmal in jedem Klima.

Als die sichersten Kriterien über vorzeitliches Klima, wenn auch nur für örtlich beschränkte Bezirke, werden Verwitterungserscheinungen und chemische Gesteinsbildungen bezeichnet. Laterit (rote Sandsteine) ist ein typisches Verwitterungsprodukt des tropischen Klimas. (Die Ursache der Rotfärbung sucht man in Bakterien.) In kühlem Klima bilden sich dafür verschiedenfarbige, gelbe bis braune Verwitterungsprodukte[8]). Danach läßt sich annehmen, daß im Unterdevon, zur Zeit des alten roten Sandsteins, das tropische Klima bis nach Spitzbergen gereicht hat, vom Perm bis zum Eozän immer noch bis Mitteleuropa.

Die Ursachen der Klimaänderungen hat man in kosmischen, solaren, atmosphärischen und geographischen Veränderungen gesucht. Die Schiefe der Ekliptik, die Exzentrizität der Erdbahn, die Bewegung des Sonnensystems durch den kosmischen Raum, in dem möglicherweise wärmere und kältere Partien vorhanden sind, die Abnahme der Sonnenwärme und der inneren Erdwärme, Veränderungen in der Zusammensetzung der Atmosphäre, die Verteilung von Land und Meer, die vertikale Konfiguration der Länder, die Verlagerung der Drehungspole der Erdrinde — all dies hat man zur Erklärung erdgeschichtlicher Klimaänderungen herangezogen, die selbst nur hypothetisch bestimmt werden können. Die Schwierigkeit, ein so labiles Element wie die Atmosphäre in allen seinen Einzelheiten zu erfassen und zu bestimmen, macht es erklärlich, daß noch gegenwärtig in den Grund-

---

[8]) Vgl. J. Walther, Das Gesetz der Wüstenbildung. 1906.

zügen und Einzelheiten der klimatischen Erdgeschichte ein Chaos von Widersprüchen besteht (M. Semper).

Einen Überblick über die bisherigen Resultate der Paläoklimatologie gibt die folgende Zusammenstellung Sempers: „Das Klima der Erde, wenigstens das eines um den Atlantischen Ozean gruppierten Teiles, scheint eine Art von weitgespanntem Zyklus beschrieben zu haben, beginnend im Algonkium und Kambrium mit polaren Vereisungen und gemäßigtem Klima in den mittleren Breiten, und ebenso im Quartär schließend; dazwischen mit einer Erwärmung, die im Devon ihren Höhepunkt erreichte und seit Beginn der Kreidezeit langsam und schrittweise entschwand. Doch ist diesem Anschein kein Wert beizumessen, auch fügt die klimatische Geschichte der Südhemisphäre sich diesem Bild nicht ein. Mit Bestimmtheit läßt sich nur sagen: Es gab epikontinentale Klimazustände, die heute der Tropen- und Subtropenzone angehören, früher in polaren und mittleren Breiten, und umgekehrt jetzt polare Klimabeschaffenheiten in der Vorgeschichte der Äquatorialgegenden“[9]). Mit einem Wort, das Entwicklungsgesetz der Atmosphäre ist noch nicht gefunden.

---

[9]) M. Semper (Anm. 5) 1912, S. 469.

11. Kapitel.

Biogenesis.

Der Entwicklungsgedanke in der Biologie.

In seinem Stettiner Vortrag über die Entwicklungstheorie Darwins (1863) faßte Ernst Haeckel den „Grundgedanken der Darwinschen Schöpfungsgeschichte" in den folgenden Worten zusammen: „Alle verschiedenen Tiere und Pflanzen, die heute noch leben, sowie alle Organismen, die überhaupt jemals auf der Erde gelebt haben, sind nicht jedes für sich in seiner Art selbständig erschaffen worden, sondern haben sich im Laufe vieler Millionen Jahre aus einigen wenigen, vielleicht sogar aus einer einzigen Stammform, einem höchst einfachen Urorganismus, allmählich entwickelt."

Also auch hier wieder die große Alternative: Schöpfung oder Entwicklung.

Daß Haeckel den „Grundgedanken" Darwins vollkommen richtig erfaßt hatte, beweist ein Brief Darwins vom 11. Mai 1863 an den Botaniker Asa Gray, in dem er schreibt: „Persönlich liegt mir natürlich sehr viel an der natürlichen Zuchtwahl; das ist aber, wie mir scheint, ganz und gar bedeutungslos gegenüber der Frage: Erschaffung oder Abänderung." Schärfer noch heißt es in einer Zuschrift Darwins an die Zeitschrift „Athenäum" aus demselben Jahr und Monat: „Ob der Naturforscher an die Ansichten glaubt, welche Lamarck, Geoffroy Saint-Hilaire, der Verfasser der Vestiges oder Wallace und ich selbst gegeben haben, oder an irgend eine andere derartige Ansicht, hat äußerst wenig zu bedeuten im Vergleich mit der Annahme, daß Spezies von anderen Spezies abgestammt und nicht unveränderlich erschaffen worden sind."

Wenn auch die heutige Wissenschaft diese Alternative nicht mehr kennt, da sie den Schöpfungsgedanken überhaupt aus ihren Grenzen

verbannt hat — und ihre Grenzen fallen mit denen des Universums zusammen — so hat sie doch noch im 19. Jahrhundert die größte Rolle gespielt. Wir sind heute nur zu leicht geneigt, den Widerstand zu unterschätzen, welchen die Schöpfungslehre der Entwicklungslehre geleistet hat, sei es bewußt oder unbewußt. Erst die historische Betrachtung läßt diesen Widerstand in seiner verhängnisvollen Größe erkennen.

Für die Biologie hatte im 18. Jahrhundert Linné die Schöpfungslehre formuliert in dem oft zitierten Satz: „Es gibt soviel verschiedene Arten, als im Anfang von Gott erschaffen worden sind." Nach der Katastrophentheorie Cuviers schien ein einziger Schöpfungsakt nicht mehr zu genügen. Zwar Cuvier selbst vermied es, von wiederholten Schöpfungen zu sprechen, hielt es vielmehr für möglich, daß die von geologischen Katastrophen verwüsteten Gegenden ihre neue Tierwelt durch Einwanderungen aus anderen Gegenden erhalten haben konnten. Cuviers Schüler und Nachfolger verallgemeinerten indessen die Katastrophen zu universellen, die ganze Erde umfassenden, die in keinem Teil der Erde irgendwelches Leben übrig ließen. Nach diesen Katastrophen konnte neues Leben allerdings nur durch wiederholte Neuschöpfungen entstehen. Alcide d'Orbigny, der bedeutendste Nachfolger Cuviers in Hinsicht auf die Katastrophentheorie, skizziert diese multiple Schöpfungslehre folgendermaßen: „Eine erste Schöpfung zeigt sich mit der silurischen Stufe. Nach der gänzlichen Vernichtung derselben durch irgendeine geologische Ursache und nach Verlauf eines beträchtlichen Zeitraumes findet eine zweite Schöpfung in der Devon-Stufe statt, darauf haben 27mal hintereinander verschiedene Schöpfungen die ganze Erde mit ihren Pflanzen und Tieren im Anschluß an die geologischen Umwälzungen, die alles in der lebenden Natur zerstört hatten, wieder von neuem bevölkert. Das sind Tatsachen, sichere, aber unbegreifliche Tatsachen, die festzustellen wir uns beschränken, ohne zu versuchen, das überirdische Geheimnis zu durchdringen, das sie umgibt"[1]. Noch im September 1858 erklärte einer der bedeutendsten Naturforscher Deutschlands, G. H. Bronn, auf der Naturforscherversammlung zu Karlsruhe in einem Vortrag „über

---

[1]) Cuvier, Récherches sur les ossements fossiles, 2. Ausgabe, Paris 1821, Bd. I, Discours préliminaire. Deutsch von J. Nöggerath: Cuviers Ansichten von der Urwelt, 1822, S. 99. Alcide d'Orbigny, Cours élémentaire de paléontologie stratigraphique. Paris 1849. Bd. II, S. 251.

die Entwicklung der organischen Schöpfung": „Ein Wechsel der Erdbevölkerung hat wenigstens 25—30mal stattgefunden. Die neuen Organismenarten sind dann immer und überall neu geschaffen, nie und nirgend aus den alten umgestaltet worden." Louis Agassiz erklärte um dieselbe Zeit in seinem „Essay on classification" (1857) jede einzelne Spezies für einen verkörperten Schöpfungsgedanken Gottes.

Eine Konsequenz der Schöpfungslehre war die Lehre von der Konstanz der Arten: Soviel Arten erschaffen worden sind, so viele gibt es auch heute noch. Auch die Repräsentanten fossiler Organismen glaubte man irgendwo in unerforschten Gegenden der Erde oder in den Tiefen des Meeres noch vorhanden, und dieser Glaube wurde immer wieder genährt durch die Entdeckung altertümlicher Formen. Erst die genauere faunistische Durchforschung der Erdteile und der Meere hat diese falsche Annahme beseitigt.

Tatsache ist, daß im Jahre 1859, dem Erscheinungsjahr von Darwins revolutionierendem Buche über die Entstehung der Arten, wenn auch nicht die Erschaffung, so doch die Konstanz der Arten ein Dogma war, das in der Wissenschaft fast allgemein Geltung besaß. Darwin schrieb in seiner Autobiographie (1876): „Es ist zuweilen gesagt worden, der Erfolg der „Entstehung der Arten" habe bewiesen, daß der Gegenstand in der Luft gelegen habe, oder daß die Geister darauf vorbereitet gewesen seien. Ich glaube nicht, daß dies völlig zutreffend ist, denn ich habe gelegentlich nicht wenige Naturforscher sondiert, und es ist mir niemals vorgekommen, auch nur auf einen einzigen zu stoßen, welcher an der Konstanz der Arten zu zweifeln geschienen hätte."

Tatsache ist jedoch auch, daß schon vor Darwin der Gedanke der natürlichen Entwicklung der Arten oft genug aufgetaucht und selbst im einzelnen durchgeführt worden war. Darwin selbst führt in der Vorrede zur ersten deutschen Ausgabe seines Buches (1860) vierzehn Autoren auf, welche der Ansicht waren, daß Arten einer Veränderung unterliegen, und daß die jetzigen Lebensformen durch wirkliche Zeugung aus anderen, früher vorhandenen Formen hervorgegangen sind. Später hat er selbst diese „historische Skizze über den Fortschritt der Meinungen über die Entstehung der Art" ergänzt, und andere haben darüber hinaus zahlreiche „Vorläufer Darwins" in Hinsicht auf die Deszendenztheorie von den Griechen bis Darwin

entdeckt[2]). In der Tat hat sich auch der Entwicklungsgedanke in der Biologie ganz allmählich entwickelt; auch in der Geistesgeschichte gibt es keine plötzlichen Katastrophen, sondern höchstens Mutationen, denen gewöhnlich lange Prämutationsperioden vorausgegangen sind.

Die Wege, die zur biologischen Entwicklungslehre führten, waren von mannigfaltiger Art. Darwin hat sie nahezu vollständig aufgezählt. „Im Juli 1837", schreibt er in sein Tagebuch, „begann ich das erste Notizbuch über die Umwandlung der Arten. War ungefähr seit vorigem März über den Charakter der südamerikanischen Fossilien und die Arten vom Galapagos-Archipel — die mit amerikanischen Arten verwandt, aber generisch verschieden sind — sehr überrascht. Diese Tatsachen (ganz besonders die letztere) bilden den ersten Ursprung aller meiner Ansichten." Genauer noch wird diese Ontogenesis des biogenetischen Gedankens in einem Brief an Asa Gray, 5. September 1857, spezifiziert: „Warum ich glaube, daß Spezies sich wirklich verändert haben, hängt von allgemeinen Tatsachen in den Verwandtschaftsverhältnissen, der Embryologie, den rudimentären Organen, der geologischen Geschichte und der geographischen Verbreitung organischer Wesen ab." Es waren also die Tatsachen der Klassifikation, der Ontogenie, Anatomie, Paläontologie und Biogeographie, die im Denken Darwins die biologische Entwicklungslehre entstehen ließen und ihm als empirische Grundlagen derselben dienten. Dieselben Tatsachenkomplexe hatten aber auch schon vor Darwin die Idee der Entwicklung entstehen lassen, teils vereinzelt, teils in Verbindung; die Phylogenie der biologischen Entwicklungslehre entsprach ihrer Ontogenie, wie sie Darwin für sich konstatiert.

Die Klassifikation.

Schon das vorwissenschaftliche Denken faßt die Lebewesen, wie überhaupt alle Naturerscheinungen, nach äußerlichen oder zufälligen Ähnlichkeiten in Gruppen zusammen. Es kennt Vögel und Fische, Vieh und Gewürm, Gras und Kräuter, Bäume und Sträucher, und begreift unter den „Vögeln" alles, was fliegt, unter dem „Gewürm" alles, was kriecht, unter den „Kräutern" alle kleineren Gewächse von

[2]) Vgl. H. F. Osborn, From the Greeks to Darwin, New York und London, 1896. — E. Dacqué, Der Deszendenzgedanke und seine Geschichte vom Altertum bis zur Neuzeit, 1903.

den Flechten und Moosen bis zu den Blumen des Feldes. Diese Gruppen — sie finden sich im ersten Kapitel der Genesis wie noch heute in der primitiven Biologie aller Kulturkreise — sind die natürlichen Produkte einer unbeabsichtigten, gefühlsmäßigen Vergleichung, Abstraktion und Generalisation, oder, tiefer noch, des analytischen Unvermögens primitiven Denkens. Die Entwicklung der Wissenschaft schreitet ebenso vom Homogenen zum Heterogenen, wie die Entwicklung der Natur selbst. Aus der ursprünglich homogenen Vorstellungsmasse werden am frühesten, ontogenetisch wie phylogenetisch, diejenigen Komponenten heraus gehoben und deutlich unterschieden, die in irgend einer Hinsicht angenehm oder unangenehm auffallen, nützlich oder schädlich sind. Goethe bemerkt sehr treffend in der Geschichte seines botanischen Studiums, daß dieser Gang seiner botanischen Bildung einigermaßen der Geschichte der Botanik selbst ähnelt.

Die ersten wissenschaftlichen Klassifikations-Versuche auf organischem Gebiet knüpfen unmittelbar an das volkstümliche Verfahren an. So unterscheidet Aristoteles noch ganz primitiv die Pflanzen in Bäume, Sträucher und Kräuter, die Tiere mit einem kleinen Schritt vorwärts in lebendig gebärende Vierfüßler, Vögel, eierlegende Vierfüßler, Fische, Weichtiere, Weichschaltiere, Insekten, Schaltiere und Schalenlose. Daß Aristoteles bemüht war, nicht bloß nach oberflächlichen Äußerlichkeiten zu klassifizieren, zeigt seine Bemerkung: „Zuerst nun werden wir die Teile, aus denen die Tiere bestehen, zu erörtern haben, denn in ihnen liegen die größten und ersten Unterschiede auch für das Gesamttier, je nach Besitz oder Abwesenheit gewisser Teile, nach ihrer Lage, Anordnung und Gestalt, Überschuß, Analogie, Gegensatz der zufälligen Eigenschaften[3].“ Dieser methodische Grundsatz hätte, folgerichtig fortgeführt, zu einer vergleichenden Betrachtung der Tiere in ihren anatomischen Verhältnissen führen müssen und damit zu einer schärferen Erfassung der organischen Gruppen. Allein mit dem Untergang der antiken Kultur gingen auch diese Ansätze zu einer vergleichenden Betrachtung der organischen Mannigfaltigkeit zugrunde, und erst seit dem Erwachen des wissenschaftlichen Denkens im Abendlande, in einem neuen Kulturkreis, begann die Entwicklung der Klassifikation von neuem.

---

[3]) Vgl. Aristoteles, Über die Teile der Tiere, griech. u. deutsch von Frantzius, 1853; Geschichte der Tiere, griech. u. deutsch von Auber u. Wimmer, 1860; J. B. Meyer, Aristoteles' Tierkunde, 1855.

Die botaniscle Klassifikation.

Zuerst wurde auch hier das aristotelische System übernommen[4]). Die „Kräuterbücher" der Deutschen und Niederländer aus dem 16. Jahrhundert gruppieren die Pflanzen, wenn überhaupt, nach Kräutern, Sträuchern und Bäumen, und sehen ihre Hauptaufgabe in der Einzelbeschreibung. Aber indem man die Einzelbeschreibung immer genauer zu machen suchte, traten auch die Merkmale schärfer ins Bewußtsein, näherten sich vorher gesonderte, traten vorher vereinigte Formen auseinander. Die Vergleichung, die isolierende und generalisierende Abstraktion, die Zusammenordnung des Gleichen oder Ähnlichen wurde zu einem bewußten, methodisch betriebenen Denkprozeß. Allmählich — zuerst bei Matthias Lobelius (1576) und dann vollkommener bei Caspar Bauhin (1623) — verdrängt das Gefühl für „natürliche Verwandtschaft" alle anderen Rücksichten, wobei unter natürlicher Verwandtschaft zunächst nur morphologische Ähnlichkeit des Gesamteindrucks verstanden wurde, im Hintergrund aber doch der Gedanke an wirkliche Familienähnlichkeit, also gleiche Abstammung stand. Wie Lobelius, so schreitet auch Bauhin in seiner Anordnung von den „unvollkommenen" zu den „vollkommenen" Pflanzen fort, indem er mit den Gräsern beginnt und mit den Sträuchern und Blumen schließt.

Im Gegensatz zu diesen ersten Bestrebungen natürlicher Klassifikation trat der Italiener Caesalpin (1583) der Natur mit philosophischen „Prinzipien" gegenüber, indem er als die „wesentlichen" Teile der Pflanze die Samen und Früchte betrachtete und nach deren Eigenschaften das Pflanzenreich in Gruppen einteilte. Es hat lange gedauert, bis man erkannte, daß selbst sehr wesentliche Merkmale bei den durch sie charakterisierten Gruppen nicht immer konstant auftreten, und ferner, daß viele Merkmale in der einen Gruppe wesentlich sind, in einer anderen dagegen nicht. Mit Caesalpin setzt die Konstruktion jener „künstlichen" Systeme ein, die ihren Einteilungsgrund einzelnen als „wesentlich" betrachteten Merkmalen entnehmen, so den Verschiedenheiten des Kelches, der Blumenkrone, der Frucht, dem Samen, der Blüte, dem Blütenstand usw. Da in der Tat dieselben Merkmale allen oder doch den meisten Vertretern natürlicher Familien gemeinsam

---

[4]) Zum Folgenden im allgemeinen: J. Sachs, Geschichte der Botanik, 1875; E. Krause, Die botanische Systematik in ihrem Verhältnis zur Morphologie, 1866; R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik. 2. A. 1910. S. 1: Geschichtliche Entwicklung der systematischen Botanik.

sind, kamen bei dieser Art von Klassifikation immerhin auch natürliche Verwandtschaftsgruppen zustande, wie denn die Autoren selbst davon überzeugt waren, natürliche Systeme aufgestellt zu haben. Ja, Julius Sachs sagt geradezu: „Caesalpin erkannte, wohl deutlicher als vor ihm der Züricher Konrad Gesner, das geheimnisvolle Band der natürlichen Verwandtschaft, welches sich um die verschiedensten Gestalten des Pflanzenreichs schließt, er war der erste, der ein System entwarf, der diese Verwandtschaft zum Prinzip der Einteilung machte. Wenn es wahr ist, daß die unsere Zeit so tief ergreifende Theorie der Deszendenz der Organismen wesentlich auf der Kenntnis des natürlichen Systems beruht, so finden sich die ältesten Wurzeln dieser Theorie schon in dem Werk des Caesalpino[5]).“ Der mit der herrschenden Schöpfungslehre verbundene Glaube an die Konstanz der Arten verhinderte jedoch die Systematiker, den formbildenden Einfluß der Existenzbedingungen zu erkennen, der ursprünglich Verschiedenes ähnlich zu machen vermag, und so enthielten die einzelnen Gruppen sehr oft Vertreter, die, unter dem Gesichtspunkt der natürlichen Verwandtschaft betrachtet, durchaus nichts miteinander zu tun hatten.

Deutlich geahnt und ausgesprochen wurde das Prinzip des natürlichen Systems von Peter Magnol, Professor zu Montpellier (1689): „Ich habe, schreibt er, in den Pflanzen eine Verwandtschaft zu bemerken geglaubt, nach deren Graden man die Pflanzen in verschiedene Familien ordnen könnte, wie man die Tiere ordnet. Diese Ähnlichkeit zwischen Tieren und Pflanzen hat mir Gelegenheit gegeben, die Pflanzen in bestimmte Familien ähnlich den Familien der Menschen zu bringen, und da es mir unmöglich schien, die Kennzeichen dieser Familien bloß den Fruchtteilen zu entnehmen, so wählte ich diejenigen Teile der Pflanzen, welche die vornehmsten charakteristischen Zeichen darbieten, wie z. B. die Wurzeln, Stengel, Blätter und Samen; ja es gibt in sehr vielen Pflanzen eine gewisse Ähnlichkeit, eine Verwandtschaft, die sich nicht aus der Betrachtung der Teile im einzelnen ergibt, sondern aus dem Gesamteindruck; eine fühlbare Verwandtschaft, die sich nicht ausdrücken läßt, wie man es in den Familien der Agrimonien und Poten-

[5]) J. Sachs, Über den gegenw. Stand der Botanik in Deutschland. Univ.-Rede. Würzburg 1872, S. 4. Vgl. auch Radlkofer, Über die Methoden in der botanischen Systematik, insbesondere die anatomische Methode. Univ.-Rede. München 1883.

tillen sieht, obgleich sie sich in Wurzeln, Blättern, Blüten und Samen unterscheiden. Und ich zweifle nicht, daß die Kennzeichen der Familien auch von den ersten Blättern des Keims bei seinem Austritt aus dem Samen entnommen werden können[6]."

Den Höhepunkt der künstlichen Pflanzensysteme erreicht das von Carl von Linné (1707—1778) aufgestelle „Sexualsystem", begründet auf die Fortpflanzungsorgane der Pflanzen. Den ersten Entwurf dazu machte er 1731 bekannt, vollendet lag es im Jahre 1737 vor. Die 24 Klassen seines Systems sind nach den Verhältnissen der Staubgefäße entworfen, ihrer Zahl, Anordnung, Verteilung usw., die Ordnungen nach der Zahl der Griffel, zum Teil auch nach der Frucht und den Staubgefäßen.

Linné hatte sein System mit vollem Bewußtsein als ein künstliches geschaffen, als einen Katalog, der eine bequeme Übersicht, Einordnung und Bestimmung der Pflanzen ermöglichen sollte. Daß es ein natürliches System der Pflanzen gebe, wußte er sehr wohl; aber er meinte, die Regeln, nach denen es aufzustellen sei, seien noch gänzlich unbekannt. „Man darf auch nicht hoffen, daß wir zu unseren Zeiten ein natürliches System zu sehen bekommen werden, kaum unsere spätesten Enkel werden es können[7]." Indessen bezeichnete er doch ausdrücklich das natürliche System als die höchste Aufgabe der Botaniker, und bemühte sich selbst, das natürliche System der Pflanzen zu erkennen. Schon 1738 gab er ein Verzeichnis von 65 natürlichen Familien[8]), die er nach einem unbestimmbaren Gefühl für relative Ähnlichkeiten und graduelle Verschiedenheiten aufgestellt hatte, ohne sie genügend charakterisieren zu können. In den Jahren 1764—1771 hielt er sogar Vorlesungen über das natürliche System der Pflanzen.

Schon vor Linné hatte John Ray die Grundzüge eines natürlichen Systems aufgestellt (1703). Er teilte die Pflanzen in blütenlose und Blütenpflanzen ein, die letzteren in Dicotyledonen und Monocotyledonen. Unter den kleineren Gruppen, die er unter diesen allgemeinen Gesichtspunkten zusammenstellte, finden sich Pilze, Moose, Farne, Kompositen, Umbelliferen, Lippenblütler, Koniferen usw., unter anderen Namen zwar, aber mit einer Abgrenzung, die nicht sehr von

---

[6]) Prodromus historiae generalis plantarum, 1689. — [7]) Linné, Gattungen der Pflanzen. Nach der 6. Ausgabe (1763) übersetzt von J. J. Planer, Gotha 1757. Bd. I, § 9 der Einleitung. — [8]) Classes plantarum seu Systemata plantarum. 1738, p. 484.

derjenigen abweicht, die uns heute geläufig ist. An Linnés Versuche einer natürlichen Klassifikation der Pflanzen knüpften Bernard und Antoine Laurent de Jussieu, Adanson, De Candolle, Robert Brown und andere bis auf Endlicher und Lindley an. Bernard de Jussieu (1759) wies darauf hin, daß man die Pflanzen zwar nach allen ihren Teilen vergleichen müsse, um zu einer natürlichen Anordnung zu gelangen, daß aber nicht alle Organe denselben klassifikatorischen Wert besitzen, wie noch Adanson (1763) annahm. Hatte so der ältere Jussieu das Prinzip der Subordination auf die einzelnen Charaktere der Pflanzen angewandt, so dehnte Antoine Laurent de Jussieu (1748—1836) dieses Prinzip auf die einzelnen Pflanzengruppen aus. Er zuerst machte den Versuch, das ganze Pflanzenreich in größere und graduell subordinierte Gruppen einzuteilen, während man bis dahin die Gruppen einander koordiniert sein ließ und einfach der Reihe nach aufzählte[9]).

Pyrame de Candolle (1778—1841) betonte, daß für die natürliche Klassifikation die gesamte Organisation in Betracht komme, nicht bloß der äußere Habitus, der oft sogar über die wahre morphologische Verwandtschaft täusche. Robert Brown (1773—1858) fand, daß Merkmale, welche innerhalb gewisser Verwandtschaftskreise von großem klassifikatorischem Wert sind, in anderen Abteilungen wertlos sein können. Damit zerstörte er den alten, in die Irre führenden Glauben an ein einheitliches Klassifikationsprinzip. Indem er auch die Samenanlagen untersuchte und ihre Gestaltung verwertete, führte er die „genetische", d. h. ontogenetische Methode in die Klassifikation ein, die vor ihm schon Goethe zur Aufklärung morphologischer Fragen angewandt hatte. Vor allem aber war es Matthias Jakob Schleiden (1804 bis 1881), der die Bedeutung der entwicklungsgeschichtlichen Methode hervorhob, die in vielen Fällen die verwandtschaftlichen Verhältnisse deutlicher erkennen läßt als die Betrachtung der erwachsenen Formen[10]). Zu den glänzendsten Ergebnissen führte diese Methode in der Hand Friedrich Wilhelm Hofmeisters (1824—1877). Seine vergleichenden Untersuchungen über die Entstehung des Embryos der Phanerogamen (1849) und über die Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen (1851) deckten die verwandtschaftlichen Beziehungen der großen Gruppen des Pflanzenreichs mit einer Klarheit

---

[9]) Genera plantarum secundum ordines naturales disposita. Paris 1789. — [10]) M. J. Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, 1842, 4. A. 1861.

auf, die bis dahin auch nicht im entferntesten erreicht worden war. So außerordentlich verschiedene Organismen wie die Lebermoose, Laubmoose, Farne, Schachtelhalme, Nadelhölzer, Monokotyledonen und Dikotyledonen erschienen mit einem Male nächstverwandt, das Allerverschiedenste, Moose und Palmen, Koniferen und Laubhölzer waren miteinander verknüpft. Der Schluß auf einen genetischen Zusammenhang dieser Gruppen lag außerordentlich nahe, ohne daß er von Hofmeister selbst gezogen wurde. Aber „als 8 Jahre nach Hofmeisters vergleichenden Untersuchungen Darwins Deszendenztheorie erschien, lagen die verwandtschaftlichen Beziehungen der großen Abteilungen des Pflanzenreiches so offen, so tief begründet, und so durchsichtig klar vor Augen, daß die Deszendenztheorie eben nur anzuerkennen brauchte, was hier die genetische Morphologie tatsächlich zur Anschauung gebracht hatte[11])".

Immer genauere Untersuchungen nach stets erweiterten Gesichtspunkten, unterschieden als morphologische, anatomische, histologische, entwicklungsgeschichtliche, teratologische, geographische, paläontologische, physiologische, chemische und experimentelle Methoden, führten zu dem gegenwärtigen, noch immer im Fluß befindlichen System der Pflanzen, wie es etwa in Englers „Syllabus der Pflanzenfamilien" oder in Wettsteins „Handbuch der systematischen Botanik" zu finden ist. Die Aufgabe der wissenschaftlichen Systematik ist heute „nicht bloß, die durch gemeinsame Merkmale ausgezeichneten Formen zu Gruppen niederer oder höherer Ordnung zu vereinigen, sondern sie hat danach zu streben, daß bei der Anordnung der Pflanzen die genetische Entwicklung oder wenigstens die morphologische Stufenfolge derselben zum Ausdruck kommt"[12]). Diese theoretisch geforderte Anordnung wird jedoch erschwert durch die verschiedene Kombination der genetischen Fortschritte innerhalb einer Pflanzengruppe. Die verschiedenen Untergruppen sind häufig nach verschiedenen Richtungen hin vorgeschritten, oder sie sind in der einen Richtung progressiv, in einer anderen konservativ oder gar regressiv, ein und dieselbe Progression kann zu wiederholten Malen in verschiedenen engeren Formenkreisen eintreten, die Entwicklung zweier Gruppen kann parallel verlaufen usw. Diese Schwierigkeiten erklären die Tatsache, daß ein allgemein angenommenes System der Pflanzen noch nicht existiert.

---

[11]) Sachs, Geschichte der Botanik, 1875, S. 297. — [12]) Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien, 7. A. S. XII.

Wettstein unterscheidet sieben Stämme, zwischen denen zur Zeit genetische Beziehungen nicht nachzuweisen seien:

1. Myxophyten, Schleimpilze.
2. Schizophyten, Spaltpflanzen.
3. Zygophyten, Jochalgen.
4. Phaeophyten, Braunalgen.
5. Rhodophyten, Rotalgen.
6. Euthallophyten, Grünalgen und Pilze.
7. Cormophyten, Stammpflanzen.

Zu den Cormophyten gehören die Bryophyten (Moose), Pteridophyten (Farne), Gymnospermen (Nacktsamige) und Angiospermen (Blütenpflanzen), die trotz ihrer wesentlichen Verschiedenheiten in einem genetischen Zusammenhang stehen. Alle Pflanzenstämme haben mehr oder minder deutliche Beziehungen zu der großen Gruppe der Flagellaten, die wahrscheinlich auch den Tieren ihren Ursprung gegeben haben[13]).

Die zoologische Klassifikation.

Auch in der Tierkunde schlossen sich die neueren Klassifikationsversuche an Aristoteles an, der seinen zoologischen Schriften ein annähernd natürliches System der Tiere zugrunde gelegt hatte[14]). Der Züricher Conrad Gesner schildert im ersten Bande seiner „Geschichte der Tiere“ (1551—1558) die Säugetiere, im zweiten die eierlegenden Vierfüßler, im dritten die Vögel, im vierten die Fische und andere Wassertiere. Innerhalb dieser Gruppen erfolgt die Anordnung alphabetisch nach dem lateinischen Namen der Tiere. Entschuldigend bemerkt Gesner dazu: es finde sich so viel Zweifelhaftes und Unsicheres, daß man nicht sicher sein könne, zu welcher Gruppe das betreffende Tier gehöre; er habe deshalb die bequemere Anordnung nach dem Alphabet gewählt. Aber er zählt doch häufig unter einem Namen die nächstverwandten Tiere auf, so bei Simia: Cebus, Cynocephalus, Cercopithecus, Satyrus. Zu den Fischen wurden allgemein die Wale und Robben gestellt, die Aristoteles richtig als Säugetiere erkannt hatte; ja, Rondelet

[13]) R. v. Wettstein, Handbuch der systematischen Botanik, 2. A. 1901. — [14]) Zur Geschichte der zoologischen Systematik: J. Spix, Geschichte und Beurteilung aller Systeme der Zoologie. 1811; v. Carus, Geschichte der Zoologie, 1872; R. Burckhardt, Geschichte der Zoologie, 1907; Th. Gill, Systematic zoology, its progress and purpose. Smithsonian Report 1907, S. 449.

zählt in seinem Fischbuch (1554) auch die Tintenfische, Schaltiere und Krebse als Fische auf. Unser „Tintenfisch", die englischen crawfish (Krebs), shellfish (Schaltier) und shellyfish (Meduse) erinnern auch heute noch an diese Klassifikation des 16. Jahrhunderts.

John Ray oder Rajus (1628—1705) war der erste, der wieder, ähnlich wie Aristoteles, die Anatomie der Tiere, die Kenntnis ihres inneren Baues, als die Grundlage der Klassifikation bezeichnete. Eine richtige Aufstellung des Systems hielt Ray vorerst für unmöglich, weil die Übereinstimmungen und Differenzen noch nicht hinreichend bekannt seien und die Natur sich nicht in die Fesseln einer bestimmten (künstlichen) Methode zwingen lasse. Sein Prinzip der Klassifikation wurde naturgemäß zuerst bei denjenigen Tieren zur Geltung gebracht, die der anatomischen Untersuchung leicht zugänglich waren, also bei den Wirbeltieren: den Säugetieren, Vögeln, Reptilien und Amphibien und Fischen, ebenso bei den Insekten, deren Merkmale auch äußerlich scharf ausgeprägt sind. Dagegen wurden alle „niederen" Tiere noch von Linné (1735) in dem Sammelbegriff der „Würmer" untergebracht. Im übrigen legt auch Linné seinen großen Einteilungen die anatomischen Verhältnisse zugrunde, und so gelangt er zu einem Tiersystem, das großenteils ein natürliches genannt zu werden verdient. In der 10. Ausgabe seines „Systema naturae" (1758) stellt er ausdrücklich den Grundsatz auf: „Die natürliche Einteilung der Tiere wird von ihrem inneren Bau angezeigt." Von nun an wird der Fortschritt des tierischen Systems durch immer genauere Kenntnis des tierischen Baues bedingt und bestimmt.

Mit scharfem Blick unterscheidet Jean Lamarck die Wirbellosen von den Wirbeltieren und teilt sie in eine größere Zahl von Klassen[15]. Seine klassifikatorischen Bemühungen, auf vergleichende Anatomie der Tiere gegründet, waren es, die ihn zu seiner Deszendenztheorie führten. Das Tierreich überschauend, fand er eine Abstufung und Vereinfachung der Organisation von einem bis zum anderen Ende der tierischen Stufenleiter, vom Verwickeltsten bis zum Einfachsten. Überzeugt, daß die Organismen Erzeugnisse der Natur, nicht aber eines einmaligen Schöpfungsaktes sind, schloß er, daß die Natur zuerst die einfachsten und nach und nach immer verwickeltere Organisationssysteme hervorgebracht habe; eine natürliche Anordnung der Tiere

[15]) Système des animaux sans vertèbres, 1801. Deutsch von L. J. Froriep unter dem Titel: „Neues System der Conchyliologie."

müsse deshalb auch mit den einfachsten Tieren beginnen und von da aus zu den verwickeltsten aufsteigen. Der Zweck einer allgemeinen Klassifikation der Tiere sei hauptsächlich der, eine Anordnung zu schaffen, die möglichst die der Natur selbst ist, d. h. die sie bei der Hervorbringung der Tiere befolgt hat. Sein System beginnt demgemäß mit den Infusorien und endet mit den Säugetieren[16]). Es hat lange gedauert, bis man sich entschlossen hat, diese naturgemäße Anordnung allgemein anzunehmen[17]).

Cuvier fand im Tierreich, ebenfalls auf Grund vergleichend-anatomischer Studien, vier Hauptzweige oder „allgemeine Pläne, nach denen die zugehörigen Tiere modelliert zu sein scheinen, und deren einzelne Unterabteilungen nur leichte, auf die Entwicklung oder das Hinzutreten einiger Teile gegründete Modifikationen sind, in denen aber die Wesenheit des Planes nicht geändert ist“[18]). Zwischen Vertretern verschiedener Baupläne „gibt es keine Ähnlichkeit, als in den Elementarteilen der Organe und in dem, was der tierischen Natur überhaupt wesentlich ist, derart, daß man nicht das Intervall oder den sehr auffallenden Sprung verkennen kann“[19]). Die vier Hauptzweige oder Baupläne des Tierreichs Cuviers sind die Wirbeltiere, die Mollusken, die Gliedertiere und die Strahltiere. Blainville führte 1816 die Bezeichnung „Typen“ dafür ein. Carl Ernst von Baer bestätigt die vier Typen Cuviers durch vergleichend-embryologische Untersuchungen und Reflexionen[20]). Der Typus wird bestimmt durch das Lagerungsverhältnis, die Anordnung und Verbindungsweise der Organe und Organelemente. Der Grad der Ausbildung innerhalb jedes Typus erzeugt die Mannigfaltigkeit der zu ihm gehörigen Tiere. Die vier Typen ändern in untergeordneten Formen ab wie Variationen auf ein Thema. Die untergeordneten Typen, verbunden mit einem bestimmten Grad der Ausbildung, geben das, was wir Tierklassen nennen, und so fort bis zu den Arten und Abarten. Der Typus ist von der Stufe der Ausbildung durchaus verschieden, so daß derselbe Typus in mehreren Stufen der Ausbildung bestehen kann und umgekehrt dieselbe Stufe der Ausbildung in mehreren Typen erreicht wird.

---

[16]) Zoologische Philosophie 1809. — [17]) Über Lamarck vgl. Packard, L., the founder of Evolution. 1902. F. Kühner, Lamarck, 1913, S. 118. — [18]) Sur un nouveau rapprochement à établir entre les classes qui composent le règne animal. Ann. du Musée d'Histoire nat., XIX, 1812. — [19]) Leçons d'Anatomie comparée I, 1800, S. 61. — [20]) Über Entwicklungsgeschichte der Tiere I, 1828.

Dieses „Baersche Gesetz", wie es Haeckel genannt hat, ist von der größten Bedeutung für die Auffassung des Pflanzen- oder Tiersystems. Es gibt die Erklärung für die Erscheinung, die das genetische Denken oft in die Irre geführt oder sogar gehemmt hat: daß die vollkommensten Tiere eines Typus höher organisiert sind als die unvollkommneren Tiere jedes anderen Typus.

In der Auffassung des Typus ist Baer nicht so streng wie Cuvier; er erkennt vielmehr Zwischenformen an, welche die Charaktere der Haupttypen entweder zu einem Mitteltypus vereinigen oder bei denen in der einen Hälfte des Leibes der eine, in einem anderen Teile der andere Haupttypus vorherrscht.

Cuvier gegenüber behauptete Etienne Geoffroy de Saint-Hilaire die typische Einheit des ganzen Tierreichs, und Goethe stimmte ihm lebhaft bei; dieser hatte den Gedanken von der „Einheit des Typus" von Buffon übernommen und selbständig weitergebildet. Das Tierreich war für ihn, wie für die gleichzeitige Naturphilosophie, „die in Raum und Zeit auseinandergelegte Idee des Tierreichs, so, daß in jeder einzelnen Gattung, ja Art, eine gewisse Eigentümlichkeit der Tierheit mit besonderer Entschiedenheit hervortritt und gleichsam als einzelnes Organ im großen Ganzen seine Bedeutung erhält"[21]).

Cuviers Typentheorie behielt zunächst gegenüber der Einheitsidee Goethes, Lamarcks und Geoffroys die Herrschaft. Louis Agassiz gab ihr 1857 eine theologische Deutung. Die vier Typen ebenso wie ihre Unterabteilungen — Klassen, Ordnungen, Familien, Gattungen, Arten — sind für ihn Schöpfungsgedanken Gottes. Das schöpferische Denken Gottes geht von der Vorstellung des Einfachen aus und gelangt durch fortgesetztes Hinzufügen und Variieren zum Mannigfaltigen. Verwandtschaftliche Gestaltungen (Homologien) „können nicht von einem Typus auf den andern ausgedehnt werden, sondern sind streng auf jeden von ihnen beschränkt. Die entferntere Ähnlichkeit, welche zwischen Vertretern verschiedener Typen verfolgt werden kann, ist auf Analogie gegründet, nicht auf Verwandtschaft". Die Lehre von der Einheit und Wesensgleichheit aller Organisationen bekämpft Agassiz mit dem Satz: „Solch eine Einförmigkeit unter den Tieren anzunehmen, würde dahin führen, dem Schöpfer sogar soviel

---

[21]) C. G. Carus, Lehrbuch der vergl. Zootomie. 2. A. 1834, S. 6.

Freiheit in der Äußerung seiner Gedanken abzustreiten, als sich deren der Mensch erfreut[22]).“

Nachdem um die Mitte des 19. Jahrhunderts Siebold und Leuckart an Cuviers Typensystem einige Verbesserungen vorgenommen hatten, betrachtete man als feststehende Typen des Tierreichs die folgenden:

1. Protozoen, Urtiere.
2. Coelenterata, Hohltiere.
3. Echinodermata, Stachelhäuter.
4. Vermes, Würmer.
5. Arthropoda, Gliederfüßer.
6. Mollusca, Weichtiere.
7. Vertebrata, Wirbeltiere.

Innerhalb der Typen wurde die Klassifikation ebenfalls verbessert auf Grund vergleichend-anatomischer und ontogenetischer Studien. Das zu klassifizierende Material wurde vermehrt durch Entdeckung neuer lebender, sowie durch die Auffindung fossiler Tiere. Beide Umstände trugen dazu bei, einzelne Lücken innerhalb des Systems auszufüllen, das System reicher zu gliedern.

Der wahre Sinn des Systems wurde nach Lamarck erst wieder um die Mitte des 19. Jahrhunderts klar erkannt. Chambers, der Verfasser der berühmten „Vestiges of the natural history of creation“ (1844), forderte ein genealogisches System der Pflanzen und Tiere und versuchte selbst ein solches zu geben.

Weinland schrieb 1859 im „Zoologischen Garten“ (I, Nr. 3): „Darzutun, wie die verschiedenen Tier- und Pflanzenarten, Gattungen, Familien usw. sich aneinander anschließen, so daß jede folgende nur gleichsam als eine höhere oder anderes bezweckende Form sich aus der vorhergehenden hervorentwickelt, dies erscheint uns als das Endziel, als die Glorie aller naturgeschichtlichen Klassifikation, denn so wird die letztere zur Schöpfungsgeschichte selbst.“

Darwin, dem die „Vestiges“ wohlbekannt waren, sprach es aus, daß gemeinsame Abstammung das unsichtbare Band sei, wonach alle Naturforscher unbewußterweise gesucht haben; daß alle echte Klassifikation eine genealogische sein müsse. Jeder Naturforscher habe bei der Klassifikation die Abstammung faktisch mit in Betracht gezogen, insofern er die Spezies als Zeugungskreis eines gemeinsamen Eltern-

---

[22]) L. Agassiz, Essay on classification, 1859, S. 26, 28.

paares bestimmt habe. Sollte man, fragt Darwin, nicht das nämliche Bestimmungselement ganz unbewußt bei der Zusammenstellung der Arten zu Gattungen, der Gattungen zu höheren Gruppen und aller dieser zu dem sogenannten natürlichen System angewendet haben? Und er antwortet: „Ich glaube, daß dies allerdings geschehen ist; nur so vermag ich die verschiedenen Regeln und Vorschriften zu verstehen, welche von unseren besten Systematikern befolgt worden sind[23]).“

In eingehendster Weise hat sodann Ernst Haeckel in seiner „Generellen Morphologie“ (1866) die Bedeutung des Systems erörtert. Das natürliche System der Organismen ist für ihn nichts anderes als der natürliche Stammbaum der Organismen, der den realen verwandtschaftlichen Zusammenhang, die Blutsverwandtschaft zwischen allen Organismen darstellt, die ursprünglich von einer und derselben Stammform abstammen. Indem das natürliche System zahlreiche engere und weitere über und nebeneinander geordnete Gruppen bildet, indem es die zahlreichen verwandten Formen klassifiziert, drückt es durch die Einreihung der einzelnen verwandten Formen in diese Gruppen den verschiedenen Grad der Verwandtschaft in der kürzesten und übersichtlichsten Form aus. Die Typentheorie Cuviers ersetzt Haeckel auf Grund seiner „Gasträa-Theorie“ durch eine „phylogenetische Klassifikation des Tierreichs“[24]).

Seit Darwin und Haeckel ist die genetische Auffassung des Systems, die genetische Grundlage der Klassifikation, zum festen Bestand der Biologie geworden. Eine genetische Klassifikation des Tierreichs und Pflanzenreichs, die in ihrer Großartigkeit und Geschlossenheit bisher unerreicht dasteht, gab Haeckel in den drei Bänden seiner „Systematischen Phylogenie“ (1894—1896).

Die systematischen Kategorien[25]).

Aristoteles verwendet die Worte Gattung und Art im ganzen wahllos zur Bezeichnung von Gruppen, so, daß einmal die Gattung der Art, ein andermal die Art der Gattung übergeordnet erscheint. Ebenso unbefestigt traten diese beiden Begriffe nach dem Mittelalter wieder auf. Konrad Gesner (1516—1565) war der erste, der die

---

[23]) Entstehung der Arten, 1859. Deutsch von Bronn, 1860. S. 424, 428 f. — [24]) Vgl. das ontogenetische und phylogenetische Kapitel. — [25]) Vgl. Spring, Über die naturhistorischen Begriffe von Gattung, Art und Abart, 1838.

Vermutung aussprach, daß mehrere Arten in Gattungen und diese in Klassen zusammengefaßt werden können; er selbst führte aber die Tiere und Pflanzen in alphabetischer oder in beliebiger Anordnung auf. Guillaume Rondelet (1507—1556) gebraucht „Genus" und „Spezies" für zusammengehörige Formen; beide werden gelegentlich für einander gesetzt, beide können einander über- oder untergeordnet sein. Erst John Ray (1628—1705) versuchte der „Art" einen festen Begriff zu geben, indem er sie definierte als eine Tierform, die bei der Fortpflanzung wieder ihresgleichen hervorbringt. Weniger scharf bestimmte Ray den Begriff der Gattung, den er nach altem Gebrauch für größere Gruppen verwendete. Schon der Botaniker Caspar Bauhin (1560 bis 1624) hatte in konsequenter Weise Gattungen und Spezies unterschieden. Er versah aber nur die Spezies mit Diagnosen, die Gattungen gab er nur mit Namen an. Josef Pitton de Tournefort (1656—1708) dagegen versah nur die Gattungsnamen mit Diagnosen und führte dahinter die Spezies und Varietäten ohne eigene Beschreibung auf. Die Gattungen sind für ihn die Einheiten des Systems. Linné endlich (1707—1778) gliederte das System in Klassen, Ordnungen, Gattungen, Arten und Varietäten, und führte die schon von Rivinus (1652—1725) geforderte „binäre Nomenklatur" durch, indem er jede Pflanze und jedes Tier durch zwei Worte bezeichnete, von denen das eine die Gattung, das andere die Art angibt. Jede Kategorie hat bei Linné ihre Diagnose, die schlagwortähnliche Aufzählung der wesentlichsten Merkmale.

A. L. de Jussieu (1748—1836) fügte den Linnéschen Kategorien die „Familie" hinzu; er unterschied nach ihrer Beständigkeit und Gleichförmigkeit primäre, sekundäre und tertiäre Charaktere und definierte danach die Kategorien des Systems: Die Art ist der Begriff der in der Fortzeugung einer Pflanze stets beständigen Gestalt, welche in allen einigermaßen wichtigen Charakteren gleichbleibt. Die Gattung ist eine Vereinigung von Arten, die noch in der größten Zahl ihrer tertiären Charaktere übereinstimmen. Eine natürliche Familie ist eine Vereinigung von Gattungen, die notwendig in ihren primären Charakteren übereinstimmen müssen, im allgemeinen auch in den sekundären, meist in den beständigen tertiären, auch wohl den unbeständigen. Wie die Gattungen zu Familien, so laufen in fortschreitender Reihe diese zu Klassen zusammen. Ihre Kennzeichen können niemals von den tertiären, bisweilen von den beständigen sekundären Charakteren hergenommen werden. Hauptsächlich aber beruhen sie auf den allgemeinen

primären Charakteren. Das natürliche System endlich soll alle Pflanzen durch ein gemeinsames und ungeteiltes Band vereinigen und stufenweise vom Einfacheren zum Zusammengesetzten, vom Kleinsten zum Größten in ununterbrochener Reihe fortschreiten[26]).

In die Zoologie hatte schon J. Th. Klein (1751) die Kategorie der „Familie" eingeführt[27]). Cuvier schloß sich ihm an, bildete die Untergruppen Sectio, Divisio, Tribus, und spaltete manche Gattungen in Subgenera. Eine erste Teilung des Tierreichs fand er in seinen vier „embranchements", den später von Blainville und C. E. von Baer so genannten Typen. Als Hauptkategorien waren nunmehr anerkannt: der Typus, die Klasse, die Ordnung, die Familie, die Gattung, Art und Varietät.

Vor Linné wurden die Gattungen als die wahren Einheiten des Systems betrachtet, und De Candolle hat gezeigt, daß die alten Volksnamen der Pflanzen, wie Rose, Klee, Pappel und Eiche sich fast alle auf Gattungen beziehen. Arten und Varietäten sollten ihre Entstehung nachträglichen Veränderungen unter dem Einflusse der Lebensbedingungen verdanken. Auch Linné war zunächst dieser Meinung, und noch in seiner „Philosophia botanica" (1751) sprach er die Ansicht aus, daß nur die Gattungen direkt erschaffen seien. Später änderte er seine Ansicht und hielt nun die Arten für die erschaffenen Einheiten des Systems. Die Varietäten waren für ihn die Individuen[28]). Robinet zuerst sprach die Meinung aus, daß es nur Individuen gäbe, welche sämtlich nur durch geringe Abstufungen voneinander getrennt seien. Die Annahme der Spezies beruhe auf der Unfähigkeit unserer Sinne, die minimalen Unterschiede zu erkennen, durch welche alle einzelnen Glieder des organischen Reiches untereinander zusammenhängen. Die Grundlage seiner Anschauung bildete die Idee der lückenlosen Stufenleiter (vgl. S. 56). Ihm schloß sich Buffon an. „Die Gattungen, Ordnungen, Klassen, sagt er, existieren nur in unserer Einbildung. Es gibt nur Individuen. Die Natur kennt keine Definitionen. Sie ordnet ihre Werke nicht in Haufen an und die lebenden Wesen nicht in Gattungen." Ganz im Sinne Buffons bemerkt sodann Lamarck (1809), daß die Natur streng genommen nur Individuen aufweise, die durch Fortpflanzung aufeinander folgen und voneinander abstammen; Arten

---

26) A. L. de Jussieu, Genera plantarum, 1789. — 27) Quadrupedum dispositio, 1751. — 28) Systema naturae, X. Aufl., 1758, S. 7: varietas = Individuum.

aber und Gattungen, Familien, Ordnungen, ja selbst die Klassen seien künstliche Hilfsmittel, erfunden, um uns in der ungeheuren Menge der Objekte zurechtfinden zu können. H. G. Bronn definiert die Art „für die Praxis“ als den Inbegriff aller Individuen von gleicher Abkunft und derjenigen, welche ihnen eben so ähnlich, als diese unter sich sind. Daß in dem Fachwerk der naturhistorischen Klassifikation wenigstens „Art“ ein einfacher, fester, durch die Natur selbst unterscheidbar gegebener Grundbegriff sei, bestreitet Bronn ganz entschieden, mit der Begründung: es lasse sich kein Gesetz entdecken oder denken, um zu bestimmen, wie viel oder wie wenig zwei ursprüngliche Individuen übereinstimmen mußten, damit sie zu einer oder zu verschiedenen Arten gerechnet werden müßten. Nicht alle Merkmale seien überall gleich unveränderlich, und es sei daher denkbar, daß eine lange Deszendenten-Folge durch die Unveränderlichkeit ihrer Charaktere innerhalb des Umfanges der veränderlichen Merkmale einer anderen Deszendenten-Folge auf das Recht einer besonderen Art Anspruch mache[29]).

In einer Preisschrift „über die naturhistorischen Begriffe von Gattung, Art und Abart und über die Ursachen der Abartungen in den organischen Reichen“ entwickelt A. Fr. Spring (1838) eine genetische Auffassung der Kategorien. Was in einem früheren Weltalter und nach den Lebensmedien desselben Abart gewesen, sei in einem folgenden Art geworden; was hier Art war, ist durch das Auftreten neuer Bedingungen der Abänderung in unserer Periode Gattung geworden. „Für jede folgende Naturperiode sind je die wechselnden Formen der unmittelbar vorhergehenden durch Umänderung und Aufhebung der Bedingungen des Wechselns beharrlich geworden. Ein Natursystem, in welchem die systematischen Einheiten mehr als bloße Namen und tote Formen sind, soll uns deshalb wie eine Geschichte des großen Organisationsprozesses im Ganzen der Natur gelten“.

In der Folgezeit wechselten die Ansichten der Biologen über die Realität oder Idealität der systematischen Kategorien. Louis Agassiz (1858) schrieb nicht allein der Art, sondern auch den übergeordneten Kategorien der Gattung, Familie, Ordnung, Klasse und Typus eine reale Existenz zu, als „verkörperten Schöpfungsgedanken Gottes“. In der Regel betrachtete man die Art als bestimmte reale, in der Natur

---

29) H. G. Bronn, Handbuch der Geschichte der Natur II, 1843, S. 63f.

selbst begründete und fest umschriebene Formensumme. Dieser Ansicht ist z. B. Burmeister. „Wirklich vorhanden als reales Wesen, sagt er, ist nur die unterste und letzte Abteilung (des Systems), welche man Art, Spezies genannt hat; sie allein kann gesehen, gegriffen, gesammelt, in Sammlungen aufgestellt werden; alle übrigen höheren Gruppen sind bloße Begriffe, die man nach diesen oder jenen übereinstimmenden Merkmalen feststellt, deren reale Existenz aber geleugnet werden muß; es sind menschliche Produkte, ideale Gestalten, welche die Naturforscher aus den realen Formen der Arten ableiten, und dabei mehr nach Gutdünken als nach einer bestimmten Regel verfahren. Hierauf gründet sich das Schwankende und Veränderliche des Systems[30])". Haeckel dagegen betrachtet die Typen oder Stämme, d. h. alle Abkömmlinge eines und desselben Urorganismus, als die einzigen, wirklich natürlichen, vollkommen selbständigen Formengruppen, während er alle anderen Kategorien des Systems als durchaus künstliche Abteilungen, als subjektive Gruppenbildungen auffaßt, die uns lediglich den Überblick über den Stammbaum eines jeden Typus erleichtern und uns den näheren oder entfernteren Grad der Blutsverwandtschaft zwischen den einzelnen Gliedern des Stammes anzeigen sollen[31]). Allein, macht man die Deszendenz für die Realität oder Idealität der Kategorien verantwortlich, so sind auch die Klassen, Ordnungen, Familien usw. real, denn auch sie stammen ja von einer gemeinsamen Urform ab. So aufgefaßt, sagt Nägeli mit Recht (1865): „Der Schwerpunkt der naturgeschichtlichen Betrachtung liegt nicht mehr in den Spezies, sondern darin, daß jede systematische Kategorie als eine natürliche Einheit gefaßt wird, welche den Durchgangspunkt einer großen entwicklungsgeschichtlichen Bewegung darstellt. Die Gattungen und höheren Begriffe sind keine Abstraktionen, sondern konkrete Dinge, Komplexe von zusammengehörigen Formen, die einen gemeinsamen Ursprung haben"[32]).

Hugo de Vries unterscheidet die „elementaren Arten" von den „systematischen Arten" Linnés, und betrachtet jene als die wahren Einheiten des Systems, diese als Sammelarten, in denen mehrere elementare Arten zusammengefaßt seien. Die Grenzen dieser elementaren Arten „greifen oft übereinander hinweg und können nur in seltenen

[30]) H. Burmeister, Zoonomische Briefe, 1856, Bd. I, S. 7—14. — [31]) Generelle Morphologie der Organismen II, 1866, S. 387. — [32]) C. v. Nägeli, Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art. 1865.

Fällen allein auf Grund der Beobachtung im Freien festgestellt werden. Stammbaumkultur ist die erforderliche Methode, und jede Form, welche im Garten konstant und von ihren Verwandten verschieden bleibt, ist als elementare Art anzusehen[33]).“

W. Johannsen hält selbst die elementaren Arten noch für kollektive Begriffe, insofern sie verschiedene „Biotypen“ umfassen, das heißt Organismen, die „genotypisch“ identisch sind. Genotypisch gleich sind aber Organismen mit gleichem Anlagenbestand, der als solcher nicht wahrzunehmen ist, sondern nur durch Züchtung in „reinen Linien“ erkannt werden kann. Eine „reine Linie“ ist der Inbegriff aller Nachkommen eines einzelnen absolut selbstbefruchtenden Individuums, das nicht selbst Bastardnatur hat. Dabei wird vorausgesetzt, daß die Selbstbefruchtung andauert, weil sonst die Reinheit aufhören würde. In ihrer Erscheinung, als „Phänotypen“, können „isogene“ Organismen, mit gleichem Anlagenbestand, ganz verschieden sein, und umgekehrt können „heterogene“ Organismen, mit verschiedenen Anlagen (Genen), in der Erscheinung gleiche Phänotypen darstellen. Durch Bestandsanalysen nach dem Prinzip der reinen Linien würde das System der Biotypen festgestellt werden können, eine Aufgabe, die Johannsen selbst für unmöglich erklärt[34]).

Eine Übereinstimmung in der Auffassung der Kategorien — ob real, ob ideal — ist bis jetzt noch nicht erzielt. Den neuesten Versuch, „aus dem Wirrwarr der Meinungen zu einer sicheren Auffassung zu kommen“, hat Ludwig Plate gemacht[35]). Er weist darauf hin, daß die Worte „Art, Gattung, Familie“ usw. einen doppelten Sinn haben. „Sie bezeichnen einmal Begriffe von Gruppen und sind als solche abstrakt, d. h. sie existieren nur im Geiste des Menschen. Sie bezeichnen zweitens die realen Individuenkomplexe, welche diesen Begriffen zugrunde liegen.“ Dem Individuenkomplex einer Art räumt Plate eine Sonderstellung ein, darauf begründet, „daß sich diese Individuen als zusammengehörig erkennen und untereinander fortpflanzen.“ Die Art sei in diesem Sinne etwas Reales und ganz unabhängig vom menschlichen Verstande, während die höheren Komplexe nur von diesem abgegrenzt werden könnten und daher abstrakter Natur seien.

---

[33]) Arten und Varietäten und ihre Entstehung durch Mutation. 1906. S. 7 f. — [34]) Kultur der Gegenwart III, IV/1: Allgemeine Biologie. 1915, S. 597. — [35]) L. Plate, 1914, Prinzipien der Systematik. Kultur der Gegenwart III, IV/4: Abstammungslehre usw. S. 92 ff.

Auf die „Realität“ der Arten wie der übrigen systematischen Kategorien wirft auch der historische Fortschritt in der systematischen Erkenntnis einer Tiergruppe ein Licht. L. Döderlein[36]) unterscheidet darin vier aufeinanderfolgende Stufen, die er folgendermaßen charakterisiert:

1. Stufe: Beginnende Kenntnis der Gruppe, gekennzeichnet durch wenige, scharf voneinander getrennte, formenarme Arten.

2. Stufe: Bei fortschreitender Kenntnis wächst die Zahl der Arten immer mehr, ihre Unterscheidung stößt mitunter auf Schwierigkeiten, manche von ihnen sind ziemlich formenreich.

3. Stufe: Weit fortgeschrittene Kenntnis der Gruppe, dadurch gekennzeichnet, daß zahlreiche der bisher unterschiedenen Arten sich zu lückenlosen Formenreihen und Formenketten zusammenfügen lassen, so daß die Zahl der scharf unterschiedenen Arten sich sehr verringert hat, viele Arten sehr formenreich geworden sind.

4. Stufe: Vollständige Kenntnis der Gruppe. Einzelne Arten sind nicht mehr zu unterscheiden, sämtliche Formen reihen sich lückenlos aneinander und bilden einen zusammenhängenden Stammbaum.

Gegenwärtig ist von den Zoologen bei der großen Mehrzahl der bekannten Tiergruppen die zweite Stufe erreicht. Die dritte Stufe haben P. und F. Sarasin in ihren Studien über die „Landmollusken von Celebes“ (1899) beschritten, ferner Gulick, der uns mit den Formenketten der Achatinellen auf der Insel Oahu bekannt gemacht hat (1905), wie Plate mit denen der Cerion-Landschnecken der Bahama-Inseln (1908).

Schon vielfach zur dritten Stufe sind die Paläontologen gelangt, und sie sind „energisch an der Arbeit, das Endziel systematischer Forschung, die vierte Stufe, die Konstruktion des lückenlosen Stammbaumes zu erreichen“ (Döderlein). Solange man die fossilen Übergangsformen zwischen den Pteridophyten und Gymnospermen, die Cycadofilicinen, noch nicht kannte, waren beide durch eine scheinbar unüberbrückbare Kluft getrennt. „Heute ist es geradezu schwer, die Unterschiede zwischen den genannten Gruppen zu präzisieren[37])“. Vor allem aber war es der Paläozoologie vergönnt, eine große Zahl von Formenreihen festzustellen, die den lückenlosen Übergang von

---

[36]) Über die Beziehungen nahe verwandter Tierformen zu einander. Zeitschr. f. Morph. u. Anthropol. IV, 1902, S. 394. — [37]) Wettstein, System der Pflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften, Bd. IX, 1913.

„Art" zu „Art" erkennen lassen und eine systematische Unterscheidung äußerst schwierig machen. Schon im Jahre 1889 konnte Melchior Neumayer erklären: „Der Speziesbegriff ist, sobald man mit einigermaßen vollständigem Material zu tun hat, in der Paläontologie unfindbar und unanwendbar, und muß aus ihrem Bereich verschwinden[38])".

In neuester Zeit hat besonders O. Abel den „revolutionierenden Einfluß der Paläontologie auf die Systematik" in überzeugender Weise dargelegt[39]). Er wirft die Frage auf, „ob wir nicht bei weiterem Fortschreiten unserer Kenntnisse von der Geschichte der Tierstämme und ihrer Zusammenhänge und bei neuen Entdeckungen von Bindegliedern größerer Gruppen und der Verschließung von Lücken der Stammesreihen schließlich zu einem Punkte gelangen müssen, an dem eine Verknüpfung der Darstellung der Phylogenie der Stämme mit der Unterscheidung der Zweigenden in einem System überhaupt unmöglich wird". Die Frage kann nur gelöst werden — und sie ist bereits gelöst worden — durch die systematische Anordnung der Organismengruppen und durch die graphische Darstellung dieser Anordnung.

Die systematische Anordnung.

Das 18. Jahrhundert war völlig beherrscht von dem Gedanken der Kontinuität, den Leibniz so stark betont hatte. Natura non facit saltus. Schon Konrad Gesner (1516—1565) hatte an eine ununterbrochene Stufenfolge vom Mineral bis zum Menschen, ja vielleicht bis zur Gottheit geglaubt. Diese einreihige Anordnung der Dinge ist dann im 18. Jahrhundert besonders von Bonnet behauptet und im einzelnen begründet worden. Es ist, so führt dieser aus, kein Wesen vorhanden, das nicht über oder unter sich andere hätte, welche sich ihm durch einige Charaktere näherten, oder durch andere von ihm entfernten. Der Polyp verbindet das Gewächs mit dem Tier, das fliegende Eichhorn verknüpft den Vogel mit dem vierfüßigen Tier, der Affe das vierfüßige Tier mit dem Menschen. Wenn aber in der Natur nichts zu trennen ist, so erhellt daraus, daß unsere Einteilungen nicht die ihrigen sind. Diejenigen, die wir machen, sind bloß wörtliche Unterscheidungen. Alle Dinge in der Welt hängen vielmehr auf die stetigste Weise zusammen, sie bilden eine Stufenleiter mit soviel Stufen

[38]) Die Stämme des Tierreichs, 1889, S. 67. — [39]) Kultur der Gegenwart: III, IV/4: Abstammungslehre usw. S. 388. Vgl. dazu das Kapitel: „Paläontologie" in diesem Buch.

oder Sprossen, als es einzelne Dinge gibt, und alle machen nur eine einzige Reihe aus, deren erstes Glied das Atom, deren letztes aber der erhabenste Cherub ist[40]).

Beim Übergang von den Schaltieren zu den Insekten drängt sich aber Bonnet doch die Frage auf, ob die Wesen wirklich nur eine einreihige Kette bilden. „Die Würmer, meint er, deren Körper in einer schaligen oder steinigen Röhre liegt, scheinen die Insekten mit den Schaltieren zu verbinden. Indessen gibt es Schaltiere von so einfachem Bau, daß sie darin mit den Polypen wetteifern. Sollte sich vielleicht die Leiter der Natur nach oben hin in Äste teilen? Bilden vielleicht die Schaltiere zwei Seitenzweige, die von dem großen Stamme gleichweit abstehen? Sind vielleicht der Frosch und die Eidechse, die den Insekten so nahe stehen, Äste von ihnen? Desgleichen der Krebs und die Krabbe? Wir können diese Fragen zurzeit noch nicht beantworten."

In anderer Weise faßte Linné die Kontinuität der Formen auf. Die Verwandtschaften der Pflanzen lassen sich nach seiner Meinung nicht durch eine gerade Stufenfolge darstellen, sie seien vielmehr allseitig wie die Territorien auf einer Landkarte. Die Klassen vergleicht er den Provinzen, die Ordnungen den Territorien, die Gattungen den Kirchspielen, die Arten den Dörfern, die Individuen den Häusern[41]). De Candolle griff dieses Bild auf und führte es weiter aus. Für ihn gibt es in der Natur überhaupt keine Reihen, keine Stufenordnung. Das Pflanzenreich sei ein zusammenhängendes Ganzes, zusammengesetzt aus Einheiten niederer Ordnung. Man könne sichs vorstellen wie eine Weltkarte: die Klassen entsprächen den Weltteilen, die Familien den Reichen, die Zünfte den Provinzen, die Gattungen und Arten den Städten und Dörfern. Stellenweise lägen diese Teile nahe beieinander und berührten sich allseitig, manche Städte wären aber zerstreut und ohne Annäherung an andere, ja ganze Landstriche (Inseln) lägen vom Festland weit entfernt im Meere, eine Abteilung von Familien, die ohne Verwandtschaften isoliert dastünden[42]).

Andere, wie z. B. Hermann und Batsch, betrachteten die verwandtschaftlichen Beziehungen nach Analogie eines Netzes, das jedoch nicht

---

[40]) Ch. Bonnet, Betrachtung über die Natur, 1764. 3. deutsche A. 1774, S. 62. — [41]) Systema naturae. 10. A. 1758, S. 7. — [42]) A. P. de Candolle, Regni vegetabilis systema naturale. Paris 1818.

auf ebener Fläche, sondern im Raume verbreitet gedacht werden müsse[43]).

Im 18. Jahrhundert taucht endlich auch das Bild eines verzweigten Stammbaumes auf. Schon Bonnet war, wie wir bereits sahen, trotz seiner Stufenleiteridee auf die baumartige Verzweigung des Systems aufmerksam geworden. Im Jahre 1766 veröffentlichte A. N. Duchesne eine Monographie der Gattung Fragaria[44]). Darin macht dieser Botaniker den Versuch, die zahlreichen verschiedenen Abarten der Erdbeerpflanze von einer einzigen Stammform abzuleiten. „Die genealogische Ordnung, sagt er, ist die einzig natürliche, die einzige, die den Geist vollkommen befriedigt. Jede andere ist willkürlich und gedankenlos.“ Er entwirft das Schema eines förmlichen Stammbaums, um die Abstammung der verschiedenen Erdbeervarietäten besser zur Anschauung zu bringen, und bemerkt dazu: „Die Form des Stammbaumes (arbre généalogique) macht die Verwandtschaft anschaulicher und läßt sie mit einem Blick überschauen.“ Die Grenzen der Art wagt jedoch Duchesne nicht zu überschreiten, er ist vielmehr überzeugt von der Konstanz der Art.

In demselben Jahre 1766 erschien der „Elenchus Zoophytorum“ des bekannten Zoologen und Forschungsreisenden Pallas[45]). Darin heißt es (S. 23—24): „Unter allen bildlichen Vorstellungen des Systems der organischen Körper würde es wohl die beste sein, wenn man an einen Baum gedächte, welcher gleich von der Wurzel an einen doppelten, aus den allereinfachsten Pflanzen und Tieren bestehenden, also einen tierischen und vegetabilischen, aber doch verschiedentlich aneinander kommenden Stamm hätte. Der erste, welcher von den schalenlosen Tieren anfinge und sich bis zu den Fischen erhöbe, würde, nachdem er einen großen Seitenast für die Insekten getrieben hätte, alsdann zu den amphibischen Tieren übergehen. Und so wie dieser Stamm auf seinem äußersten Gipfel die vierfüßigen Tiere zu tragen hätte, so würde er unterhalb demselben für die Vögel einen gleichfalls großen Seitenast

---

[43]) J. Hermann, Tabula affinitatum animalium. Argentorati 1783; C. Batsch, Tabula affinitatum regni vegetabilis, Jena 1802; Karl Batsch, Versuch einer Anleitung zur Kenntnis und Geschichte der Tiere und Mineralien. Jena 1788. — [44]) Histoire naturelle des Fraisiers. Paris 1766; dazu O. Zacharias, A. N. Duchesne, ein Geistesverwandter Darwins im vorigen Jahrhundert. Die Gegenwart, 1882, Nr. 37. — [45]) Deutsch von Wilkens u. Herbst unter dem Titel: Charakteristik der Tierpflanzen. 1787. Dazu Thienemann, Die Stufenfolge der Dinge. Zoologische Annalen III, S. 186.

herausgehen lassen. Der aus der vorzüglicheren Reihe verwandter und dicht aneinander stehender Geschlechter zusammengesetzte Stamm würde aber auch für diejenigen Geschlechter, welche mit jenen in Seitenverwandtschaft stehen, sich aber doch nicht zwischen jenen einschalten ließen, hier und da gewisse kleine Nebenäste ausgetrieben haben." Pallas hat seinen Stammbaum nicht selbst gezeichnet; aber es ist klar, daß seine Vorstellung der heutigen vollkommen entspricht.

Lamarck hatte zuerst versucht, die größeren Gruppen des Tierreiches so hintereinander anzuordnen, daß jede folgende durch ein neues und höheres Organsystem charakterisiert wird. Der Gedanke der Einreihigkeit war zunächst auch in ihm noch lebendig. Aber tiefere Studien überzeugten ihn bald, daß die Einreihigkeit doch nur eine künstliche Anordnung sei; er bemerkt ihre Lücken, Sprünge, seitlichen Verzweigungen und kommt zu dem Schluß, daß die Natur bei der Erzeugung der verschiedenen Tiere keine einfache und einzige Reihe gebildet habe. „Die lebenden Tiere bilden eine verzweigte, unregelmäßig abgestufte Reihe, die in ihren Teilen keine Unterbrechungen zeigt oder die wenigstens solche nicht immer gehabt hat, wenn es wahr ist, daß sich irgendwo eine solche wegen einiger ausgestorbener Arten vorfindet. Es folgt daraus, daß die Arten, die am Ende jedes Zweiges der Hauptreihe sich befinden, sich wenigstens auf einer Seite an andere benachbarte Arten anschließen, die in sie übergehen[46])." Die Klasse der niederen Würmer z. B. „stellt eine Tiergruppe dar, die eigenartig, zahlreich, ihrer allgemeinen Form nach sehr einfach und durchaus verschieden von denen der vorhergehenden Klassen ist und sich augenscheinlich gar nicht durch natürliche Beziehungen an diese anschließt. Es ist also ganz bedeutungslos, wenn wir diese Klasse in unserer Anordnung der Tiere an die fünfte Stelle setzen, da dies nach der natürlichen Ordnung keineswegs ihr Rang ist. Da aber unsere Anordnung (— auf dem Papier —) notwendig einreihig und einfach ist, so war es nicht möglich, den Würmern einen passenderen Platz anzuweisen". Es war also lediglich die praktische Notwendigkeit, die zur unnatürlichen Aneinanderreihung der Gruppen zwang. Lamarck sucht einen Ausweg aus dieser Notwendigkeit und findet ihn im Schema des „Stammbaumes", wie er uns aus Haeckels Schriften so wohl vertraut ist. In den Zusätzen zum siebenten und achten Kapitel seiner „Zoologischen

[46]) Zoologische Philosophie, 1809; deutsch von A. Lang, S. 27. Die folgende Stelle: Histoire naturelle des animaux sans vertèbres III, S. 132.

Philosophie" gibt er eine Tabelle zur Veranschaulichung des Ursprungs „der verschiedenen Tiere" in folgender Form:



Der Stammbaum mag primitiv sein, betrachtet vom Standpunkt unserer heutigen Kenntnisse; aber es gebührt ihm der Ruhm, der erste zu sein, der das ganze Tierreich umfaßt. Lamarcks Erläuterungen dazu beweisen, daß er sich der Schwierigkeiten einer solchen Stammbaum-Konstruktion voll bewußt war, ebenso des hypothetischen Charakters derselben, der bedingt ist durch den jeweiligen Stand des erreichten Wissens.

In einer Abhandlung „über das Gesetz, welches das Auftreten neuer Arten geregelt hat"[47]) bezeichnet Alfred Russel Wallace die Analogie des verzweigten Baumes als das beste Mittel zur Verdeutlichung der verwandtschaftlichen Zusammenhänge, ohne jedoch selbst einen solchen Stammbaum zu entwerfen. Darwin gab dem vierten Kapitel seiner „Entstehung der Arten" ein stammbaumähnliches Schema bei, um das Gesetz von der Divergenz des Charakters zu ver-

---

[47]) Annals and Magazin of Natural History, 1855. Auch in Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl, deutsch von A. B. Meyer.

anschaulichen. Im 14. Kapitel betrachtet er das Schema als „Stammbaum" und bemerkt dazu: „Die Darstellung der Gruppen, wie sie hier im Schema in einer ebenen Fläche gegeben wurde, ist viel zu einfach. Die Zweige sollten nach allen Richtungen divergierend dargestellt werden" —eine Forderung, die erst 1888 von Max Fürbringer in seinen „stereometrischen Stammbäumen" verwirklicht wurde[48]).

Ernst Haeckel vor allem war es, der sich der Stammbaumidee völlig bemächtigte und sie theoretisch wie praktisch zu hoher Blüte fortbildete. „Kein anderes Bild", schreibt er, „vermag uns die wahre Bedeutung, welche die verschiedenen Kategorien (— des Systems —) innerhalb eines jeden Stammes besitzen, so treffend, klar und anschaulich zu versinnlichen, als das Bild eines weitverzweigten Baumes, dessen Äste und Zweige, nach verschiedenen Richtungen divergierend, sich zu verschiedenen Formen entwickelt haben. Es ist dies in der Tat der genealogische Stammbaum jedes Stammes oder Typus. Die einfache Wurzel des Hauptstammes ist die gemeinsame Urform, aus welcher der gesamte Formenreichtum der Äste, Zweige usw. sich entwickelt hat. Die großen Hauptäste, in welche zunächst der Stamm sich spaltet, sind die Klassen des Stammes, die Äste, die aus deren Teilungen hervorgehen, die Ordnungen; jede Ordnung verästelt sich wieder in mehrere Zweige, welche wir Familien nennen, und die Verästelungen dieser Zweige sind die Gattungen; die feineren Ästchen dieser Ramifikationen sind die Spezies, und endlich die feinsten Zweiglein dieser die Varietäten; die Blätter endlich, welche büschelweise an den letzten Zweigspitzen sitzen, sind die Individuen. Die Zweige und Äste mit frisch grünenden Blättern sind die lebenden, die älteren mit den abgestorbenen welken Blättern die ausgestorbenen Formen und Formengruppen des Stammes"[49]). Auf beigegebenen genealogischen Tafeln, „welche jedoch nur einen ganz provisorischen Wert besitzen", macht Haeckel sodann den Versuch, die Stammbäume der Organismen, der Pflanzen, der Coelenteraten, der Echinodermen, der Artikulaten, der Mollusken, der Wirbeltiere und der Säugetiere mit Inbegriff des Menschen zu entwerfen. In den elf aufeinanderfolgenden Auflagen seiner „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" hat Haeckel seine Stammbäume stetig vermehrt und verbessert; in den drei Bänden seiner monumentalen „Systematischen Phylogenie" (1894—1896) sind aus

[48]) M. Fürbringer, Untersuchungen zur Morphologie und Systematik der Vögel. 1888. — [48]) Generelle Morphologie II, 1866, S. 397.

den sieben Stammbäumen der „Generellen Morphologie" achtundvierzig geworden.

Den hypothetischen Charakter seiner Stammbäume hat Haeckel immer wieder betont, so z. B. im Vorwort zu seiner „Systematischen Phylogenie" (1894): „Natürlich bleiben diese Schemata immer nur Versuche, tiefer in die Geheimnisse der Stammesgeschichte einzudringen; sie sollen nur den Weg andeuten, auf welchem — nach dem jetzigen beschränkten Zustande unserer empirischen Kenntnisse — die weitere phylogenetische Forschung wahrscheinlich am besten vorzudringen hat. Ich brauche daher hier wohl kaum die Versicherung zu wiederholen, daß ich meinen Entwürfen von Stammbäumen keinen dogmatischen Wert beimesse; jeder einzelne Zweig des Stammbaumes bedeutet nur eine bestimmte Frage nach dem vermutlichen genealogischen Zusammenhang der verknüpften Formengruppen." Dieser Charakter der Stammbäume ist vielfach arg verkannt worden, ebenso auch ihre Bedeutung und ihr Wert. Der Berliner Physiologe Du Bois-Reymond verglich sie geringschätzend mit den Stammbäumen homerischer Helden, was genau ebenso richtig ist wie wenn man den Vivisektor Du Bois mit einem römischen Haruspex vergleichen würde. Das Urteil war nicht von wissenschaftlicher Überzeugung, sondern von persönlichem Mißwollen abgegeben worden. Aber auch andere Forscher, wie z. B. der Botaniker Naegeli, hielten die Aufstellung von Stammbäumen für ein unfruchtbares Geschäft, weil dabei bloß die gewonnene systematische Einsicht ins Stammbaumliche, das Räumliche in das Zeitliche, also ein Begriff in einen anderen, mit dem er nichts zu tun habe, übersetzt werde[50]). Mit Recht bemerkt Plate dazu: „Das ist genau so verkehrt, als wenn man einem Geographen verbieten wollte, die auf freiem Felde gemachten Beobachtungen in eine Karte einzutragen; denn diese bleibt ja trotz aller Genauigkeit ein unvollkommenes Schema der Landschaft[51])." Allen Negationen gegenüber stellt Plate die Notwendigkeit und den Wert der Stammbäume in überzeugender Weise fest. Sie sind in der Tat das einzige Mittel, um den wahren genealogischen Charakter der natürlichen Klassifikation in der vollkommensten Form zur anschaulichen Darstellung zu bringen.

---

[50]) Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, 1884, S. 339. — [51]) L. Plate, Prinzipien der Systematik. Kultur der Gegenwart III, IV/4: Abstammungslehre, 1914, S. 113.

12. Kapitel.

Biogeographie.

Die geographische Verbreitung der Organismen.

Das Problem von der Verbreitung der Tiere wurde aus dem Problem der Inselfauna geboren, das schon der heilige Augustin in seinem „Gottesstaat" erörtert[1]). Er wirft die Frage auf, wie die Tiere nach der Sündflut, die doch alle Tiere vernichtet hatte bis auf diejenigen, die sich in der Arche befanden, auf die Inseln gelangen konnten. Er beantwortet diese Frage durch die Hypothese, daß sie, wie bei der ersten Schöpfung, aufs neue aus der Erde hervorgebracht worden seien[2]).

Ein irländischer Mönch aus dem 7. Jahrhundert, der sogenannte irländische Augustinus, beantwortet dieselbe Frage mit dem Hinweis, daß das Meer die Küsten abnage, und daß dadurch Halbinseln in Inseln umgewandelt werden können.

Die Entdeckung Amerikas ließ die Frage nach der Herkunft seiner Tiere und Pflanzen brennend werden. Man löste sie, indem man eine Einwanderung der Tiere aus der alten Welt annahm, die nach der Sündflut aus den wieder vermehrten Beständen der Arche stattfand, und man erinnerte dabei an die sagenhafte Insel Atlantis, die zwischen Europa und Amerika gelegen haben und später versunken sein soll. Der gelehrte Jesuit José de Acosta[3]) verwirft die Hypothese einer

---

[1]) Das Folgende stützt sich auf: Nils von Hofsten, Zur älteren Geschichte des Diskontinuitätsproblems in der Biogeographie. Zool.Annalen VII, 1916, S.199 ff; Brauer, Tiergeographie. Kultur der Gegenwart, Abstammungslehre, 1914; A. Engler, Die Entwicklung der Pflanzengeographie in den letzten hundert Jahren. Wissenschaftliche Beiträge hgg. von der Gesellschaft für Erdkunde, Berlin, 1899; M. Rikli, Geographie der Pflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften IV, 1913; J. Meisenheimer, Zoogeographie. Ebenda X, 1915. — [2]) Augustinus, Über den Gottesstaat. Deutsch von A. Schröder, 1914, S. 445. — [3]) Historia natural y moral de las Indias. Sevilla 1590; nach von Hofsten ein im 17. und 18. Jahrhundert sehr verbreitetes und beliebtes Werk über Amerika.

Einwanderung über die Atlantis und behauptet, daß die neue Welt irgendwo mit der alten zusammenhängen müsse, entweder im Norden oder im Süden. Acosta wußte auch schon, daß manche Tiere sowohl in der alten wie in der neuen Welt vorkommen, während andere auf Amerika beschränkt sind. Übrigens verhalte es sich in anderen Teilen der Erde ebenso; auch in Asien, Europa und Afrika gäbe es Tiere, die in anderen Gegenden nicht zu finden wären. Um diese Tatsachen mit der Annahme ihrer Herkunft aus der Arche zu vereinigen, nahm Acosta an, daß sich die Tiere nach der Sündflut in verschiedene Gegenden zerstreuten und zwar dahin, wo sie sich wohl befanden; verließen sie diese Gegenden, so konnten sie sich nicht erhalten.

Die natürliche Anschauung von früheren Landverbindungen, die durch das Meer zerstört worden seien, treffen wir auch bei dem berühmten Jesuiten Athanasius Kircher; er erklärt damit nicht nur die Besiedelung Amerikas, sondern auch der Inseln wie z. B. Ceylons und Madagaskars[4]).

Bis zum Ende des 17. Jahrhunderts und noch weit darüber hinaus gab es also zwei Hypothesen zur Erklärung der Tierverbreitung; die eine nahm nur ein Schöpfungszentrum an und erklärte die Verbreitung der Tiere durch Wanderungen derselben; nach der anderen war jede Art da geschaffen worden, wo sie jetzt noch vorkommt. Die Schöpfungslehre dominierte in jedem Fall.

Linné entwickelte seine Ansichten in einer Rede „über die bewohnte Erde“[5]). Er nimmt an, daß von jeder Art der lebendigen Geschöpfe anfangs nur ein Paar erschaffen wurde. Das „Paradies“ war eine Insel unter dem Äquator, denn: „wenn von Erschaffung der Welt her das feste Land so groß und der trockene Teil unserer Erdkugel so weit ausgedehnt gewesen wäre, als er jetzt ist, so würde es dem Adam schwer, ja unmöglich gewesen sein, alle Tiere zu finden“; als er ihnen nämlich im Auftrag Jehovahs Namen geben sollte. Ein sehr hoher Berg habe die anmutigen Felder des Paradieses geziert. In den verschiedenen Höhenzonen dieses Berges fanden die verschiedenen Pflanzen und Tiere die ihnen zusagenden Bedingungen. Nach und nach wurde das feste Land größer und die Lebewesen breiteten sich aus, die Pflanzen

---

[4]) A. Kircher, Arca Noë. Amsterdam 1675. — [5]) De telluris habitabilis incremento, 1744. Deutsch in „Auserlesene Abhandlungen Linnés“, Leipzig 1776, I, 268.

mittelst ihres Samens, der durch den Wind, den Regen, die Flüsse, das Meer, die Tiere usw. transportiert wurde.

In einem Aufsatz „von dem Ursprunge der Pflanzen", wandte sich ein deutscher Gelehrter, J. G. Zinn, gegen Linnés Theorien[6]), noch mehr aber gegen die Meinung, daß von jeder Gattung nur eine einzige Pflanze erschaffen worden sei, von welcher alle übrigen erst nach und nach entstanden seien. „Wie viele tausend Gattungen hätten nicht sogleich im Anfang wieder zerstört werden müssen, da so viele Tiere und Insekten bloß von Kräutern leben." Es sei also wahrscheinlich, daß der Schöpfer sogleich bei der Erschaffung unserer Erde von jeder Gattung mehrere Stücke hervorgebracht und die Pflanzen so auf der ganzen Erde verteilt habe, wie es der Verschiedenheit ihres Baues und ihren Eigenschaften entsprochen habe. Das Studium der Pflanzen hätte ihn aber auch zu der Überzeugung geführt, „daß auf unserem Erdboden sich ganz andere Veränderungen müssen zugetragen haben, als bisher von den Naturkundigen angegeben werden". Zinn meint damit, daß vielleicht ein großer Teil desjenigen Meeres, welches unsere jetzigen bewohnten Länder umgibt, vormals Land gewesen sei, welches aber versunken und mit Wasser überschwemmt worden sei, so daß ein großer Teil des Meeres seine vorige Stelle verändert und trocken gelassen habe. „Wenn wir nun annehmen, daß diese Veränderung nach und nach geschehen sei, so ist es gar nicht unwahrscheinlich, daß von diesem ehemaligen Lande eine nicht geringe Anzahl Pflanzen auf unsere neu entstandenen Gegenden übergegangen sei."

Buffon war der erste, der völlig mit der Schöpfungslehre brach und genetische Gedanken auch in die Tier- und Pflanzengeographie brachte. Er lieferte den sicheren Nachweis, daß die Tiere der alten und der neuen Welt vielfach verschieden sind, ganz im einzelnen. Er nahm an, daß die alte Welt mit der neuen im Norden in Verbindung stehe oder doch gestanden habe. Die ersten Landtiere seien im Norden entstanden; bei der Abkühlung des Klimas wanderten die meisten in der alten Welt lebenden Tiere nach Süden. In Amerika stieß die Ausbreitung nach Süden auf äußere Hindernisse und die großen Tiere starben aus. Die südamerikanischen Tiere läßt Buffon dort selbst entstehen; er denkt aber auch an die Möglichkeit, daß die amerikanischen Tiere durch „Ausartung" aus denen der alten Welt hervorgegangen seien[7]).

---

[6]) Hamburgisches Magazin Bd. 16, 1756, S. 339. — [7]) Buffon, Allgemeine Naturgeschichte 1749; Epochen der Natur, 1778, deutsch St. Petersburg 1781.

Buffon erkannte auch, daß die alte und neue Welt außer gemeinsamen auch solche Tiere besitzen, die verwandt, aber nicht identisch sind (die sogenannten „vikariierenden“, stellvertretenden Arten). Für diese nimmt er einen einheitlichen Ursprung an und erklärt die Unterschiede durch die Einwirkung des Klimas.

Solange in der Botanik das künstliche Pflanzensystem Linnés herrschte, konnte die gesetzmäßige Verbreitung natürlicher Pflanzengruppen nur soweit erkannt werden, als einzelne natürliche Gattungen oder Familien mit Linnéschen Klassen zusammenfielen. Je mehr aber seit Jussieu (1759) die natürlichen Verwandtschafts-Gruppen erkannt wurden, und je mehr die Kenntnis der Pflanzenformen selbst fortschritt, desto mehr trat die Tatsache hervor, daß in verschiedenen Teilen der Erde trotz gleicher oder ähnlicher Existenzbedingungen verschiedene Gruppen existieren, während andererseits viele Verwandtschaftskreise eine weite Verbreitung unter den verschiedensten Existenzbedingungen besitzen.

Der deutsche Botaniker C. F. Willdenow war der erste, der die Verbreitung der Pflanzen als das Produkt einer allmählichen Entwicklung ansah (A. Engler), allerdings, wie hinzugefügt werden muß, in einer sehr primitiven Form. In seiner „Kräuterkunde“ (1792) bemerkt er, daß die Geschichte der Erde mit der des Pflanzenreichs zusammenhängt. Unter „Geschichte der Pflanzen“ versteht er den Einfluß des Klimas auf die Vegetation, die Veränderungen, welche die Gewächse wahrscheinlich erlitten haben, wie die Natur für die Erhaltung derselben sorgt, die Wanderungen der Gewächse und endlich ihre Verbreitung über den Erdball. Diese erklärt er ebenso wie Linné aus dem Klima und der Wanderung der Pflanzen. In der zweiten Auflage seines Buches (1798) nimmt er an, daß die Arten in verschiedenen Gebirgsgegenden entstanden seien, von wo aus sie sich in die Ebenen ausgebreitet und teilweise untermischt haben. Ähnliche Floren in verschiedenen Gebieten führt er auf ehemaligen Zusammenhang dieser Gebiete zurück, aber auch auf die unabhängige Entstehung ähnlicher Pflanzen (3. Auflage. § 370).

Der Begründer einer exakten Tiergeographie ist E. A. W. Zimmermann, der in den Jahren 1778—1783 eine „Geographische Geschichte des Menschen und der allgemein verbreiteten vierfüßigen Tiere“ herausgab. Darin behandelt er alle damals bekannten Säugetiere, deren Heimat er sowohl im Text wie auf einer „zoologischen Weltkarte“ an-

gibt. Die Hypothese einer Verbreitung der Tiere von einem einzigen Mittelpunkt aus bestreitet Zimmermann. Alles scheint ihm vielmehr zu beweisen, daß die Tiere gleich zu Anfang über die Erde verteilt waren. Jede Art wurde an einer Stelle geschaffen und hat sich später soweit ausgebreitet, als es ihre Natur in Rücksicht des Klimas erlauben wollte.

Alexander von Humboldt (1769—1859), dem die Pflanzen- und Tiergeographie so viel verdankt, namentlich in Hinsicht auf die Verbreitung der Pflanzen und ihre Abhängigkeit von den physikalischen Verhältnissen, wagte nicht, sie entwicklungsgeschichtlich zu betrachten, ja, er spottet über diejenigen, „welche gern von allmählichen Umänderungen der Art träumen und die benachbarten Inseln eigentümlichen Papageien als umgewandelte Spezies betrachten“[8]. Unsere Kenntnis von der Urzeit der physikalischen Weltgeschichte reiche nicht hoch genug hinauf, um das jetzige Dasein als etwas Werdendes zu schildern. Die Ursachen der Pflanzenverbreitung seien mit jenem undurchdringlichen Schleier bedeckt, welcher unseren Augen all das verbirgt, was sich auf den Ursprung der Dinge bezieht (1814).

Andere waren kühner; so G. R. Treviranus, der in seiner „Biologie oder Philosophie der lebenden Natur“ (Bd. II, 1803) mit naturphilosophischer Kühnheit auf den Ursprung der Dinge zurückging. Die Organismen entstehen nach ihm aus formloser Materie, und die „bildenden Kräfte“ haben überall Autochthonen hervorgebracht; jetzt meist nur Pflanzen und Pflanzentiere, früher auch die Urformen der höheren Tiere. Wo das Klima und die übrigen Verhältnisse gleich waren, da waren auch die Autochthonen sich gleich, und die Arten, die sich aus ihnen entwickelten, blieben sich ebenfalls gleich, solange sich die Einwirkungen, denen sie ausgesetzt waren, nicht veränderten.

Andeutend meint P. de Candolle in einem „Essai élémentaire de Géographie botanique“ (1820), daß die Wohnorte der Pflanzen zum Teil wohl durch geologische Ursachen bestimmt sein könnten, die gegenwärtig nicht mehr existieren[9]. Klar und deutlich bekennt sich hingegen H. F. Link in seinem viel gelesenen Buch über „die Urwelt und das Altertum“ (1821) zur entwicklungsgeschichtlichen Deutung der pflanzengeographischen Tatsachen. Er bemerkt, daß die Arten in einer scheinbar gesetzlosen Weise durcheinander gemischt sind; diese

---

[8]) Idee zu einer Physiognomik der Gewächse. Ansichten (Reclam), S. 291. — [9]) Dictionnaire des Sciences naturelles, Tome 18, 1820.

mannigfaltige Verbindung der Gestalten in ähnlichen Gegenden müsse durch eine historische Entwicklung zustande gekommen sein. Die Flora einer Gegend „enthält die Geschichte der Gegend in Rücksicht auf das Pflanzenreich, und es ist nur unsere Schuld, wenn wir diese Geschichte nicht lesen können".

Der dänische Botaniker J. F. Schouw[10]) wendet sich gegen alle Versuche, die Verbreitung der Pflanzen durch Untersuchungen oder Hypothesen über ihre Geschichte zu erklären; doch gibt er zu, daß nicht alles auf die Verschiedenheit des Klimas zurückzuführen sei, man müsse vielmehr „unbekannte Ursachen" annehmen. Entschiedener sprach sich der englische Zoologe W. Swainson[11]) dahin aus, daß die ersten Ursachen der Tierverbreitung der menschlichen Forschung für immer verborgen bleiben werden. Oswald Heer, der später entwicklungsgeschichtlich dachte, erklärte in den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts das Vorkommen ähnlicher Arten in verschiedenen, voneinander getrennten Gegenden aus einer „Tendenz zur Bildung gleichartiger Formen"[12]).

1853 besprach der bekannte Tiergeograph Ludwig Schmarda[13]) in spöttischer Weise die Entwicklungslehre Lamarcks, der annehme, daß eine ursprüngliche Erzeugung nur von wenigen unvollkommenen organischen Wesen stattgefunden habe, welche sich im Laufe der Zeit vervollkommneten und die Anfänge verschiedener divergierender Entwicklungstypen und Reihen wurden. „Er vertrat Metamorphosen, welche die Ovidschen an Kühnheit der Poesie weit überbieten", ja „er behauptete sogar, daß diese Änderungen nach gewissen Gesetzen erfolgen". Schmarda selbst erklärt sich für die Schöpfung; bei weit verbreiteten, durch große Länderstrecken getrennten Tieren müsse man notwendig mehrere Schöpfungsmittelpunkte annehmen.

Waren bis gegen die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts entwicklungsgeschichtliche Gedanken in der Biogeographie nur vereinzelt und in allgemeiner Art aufgetreten, so wurden sie nunmehr bestimmter und in zusammenhängender Form vorgetragen. Mit einem Vortrag „über die Verbreitung der britischen Pflanzen im Lichte geologischer

---

[10]) Grundzüge einer allgemeinen Pflanzengeographie, 1822; deutsch 1823. — [11]) A Treatise on the geography and classification of animals. London 1835. — [12]) Über die obersten Grenzen des tierischen und pflanzlichen Lebens in unsern Alpen. Neujahrsstücke der Züricher naturf. Ges. f. 1845. — [13]) Die geographische Verbreitung der Tiere. Wien 1853, S. 67, Anm. 262, S. 156.

Veränderungen", den er im Jahre 1845 in der Britischen Vereinigung hielt, leitete Eduard Forbes eine entwicklungsgeschichtliche Richtung der Biogeographie ein. Er betont, daß die heutige Verbreitung von Pflanzen und Tieren in hohem Grade von geologischen Ursachen abhängig sei und wendet diesen Satz insbesondere auf die „Relikten" an. Er legt dar, daß an den nördlichen Küsten Großbritanniens, besonders in tiefen Einsenkungen des Meeresbodens, Flecken von ausgesprochen nördlichen Tieren existieren, die von einer südlicheren Fauna umgeben sind. Unter den jetzigen Verhältinssen können sie nicht in diese isolierten Lokalitäten gekommen sein, sie sind nur zu erklären als Reste der Eiszeit-Fauna, welche einst überall an den Küsten lebte. Als das Klima wärmer wurde und der Meeresboden sich hob, starb diese Fauna größtenteils aus (sofern sie sich nicht in nördlichere Gegenden zurückziehen konnte); in den Tiefenhöhlen konnten sich aber einige Arten erhalten, als „Relikte der Eiszeit".

In derselben Weise erklärt Forbes die alpinen Floren Europas und Asiens als Relikte der glazialen Flora. Aber die Schöpfungslehre hatte auch er noch nicht überwunden. Die Verteilung der Arten in Gruppen über die Erde betrachtete er als von Anfang an gegeben; sie sei der Ausdruck einer „Schöpfungskraft", eines übernatürlichen Gesetzes, das in den verschiedenen faunistischen und floristischen Gebieten in besonderer Weise wirksam wurde.

Auch der kenntnisreiche Bronn führt, wie wir sehen werden, die Entstehung der Organismen auf eine Schöpfungskraft zurück[14]). Er geht, ähnlich wie Linné, von der Ansicht aus, daß die Erde anfangs überall von Wasser bedeckt gewesen und das trockene Land allmählich in Form wachsender Inseln aus diesem Meere aufgestiegen sei. Indem die wachsenden Inseln und Kontinente miteinander in Verbindung traten, beschränkten sie die ursprünglich gleichmäßige Verteilung der Meerestiere auf einzelne Striche und Becken des Meeres. Die Bewohner des trockenen Landes aber und des süßen Wassers entstanden zuerst auf jenen Inseln, dehnten sich mit der Zunahme derselben weiter nach der Peripherie aus, gingen endlich auf andere damit zusammenschmelzende Landteile über und mischten sich teilweise unter die fremde Bevölkerung. Die Inseln sind die Schöpfungszentren, von denen aus die Verbreitung der Organismen erfolgte. Aber dieselbe Art konnte ursprüng-

---

[14]) Handbuch der Geschichte der Natur II, 1843, S. 200. Vgl. unser Kap. 15.

lich in verschiedenen Schöpfungszentren entstehen und unter verschiedenen äußeren Einflüssen verschiedene Formen annehmen.

Die Hauptursachen für die Verbreitung der Pflanzen und Tiere sucht Bronn in geologischen Ereignissen, besonders in der Abkühlung der Erdoberfläche, sowie in der Hebung und Senkung des Landes mit ihren Folgen hinsichtlich der Beschaffenheit des Bodens und des Klimas.

Im dritten Band seines Handbuchs (1849) versucht Bronn eine „Geographie der fossilen Organismen" zu geben, soweit es das vorhandene Tatsachenmaterial gestattete. Er findet, daß in der Pflanzen- und Tiergeographie verschiedener Zeiten nichts bleibend, alles in steter Veränderung ist. Die besondere Pflanzen- und Tiergeographie kann sich immer nur auf einen Zeitraum (Periode, Formation) erstrecken. Sie kann entweder die Verbreitung der Schöpfung Klasse um Klasse über die Länder verfolgen, oder Land um Land hinsichtlich seiner Schöpfung mit einander vergleichen, so daß man im ersten Falle das Bild der gleichzeitigen Verbreitung jeder einzelnen Klasse usw. über die ganze Erdoberfläche, im andern das Bild der gesamten Schöpfung in jedem einzelnen Lande auf einmal erhält. Dies Programm einer Paläo-Biogeographie wird von Bronn im einzelnen durchgeführt. Er muß als der eigentliche Begründer dieses Zweiges der Biogenesis betrachtet werden.

Wenig später (1852) wurde Franz Unger von den Tatsachen der Pflanzenverbreitung in der Gegenwart zur geologischen Geschichte der Pflanzenwelt geführt[15]). Er untersucht die Abhängigkeit der Pflanzenverteilung vom Klima und von andern, sekundären Naturkräften und kommt zu dem Schluß: Die Florengebiete sind nicht aus klimatischen Verhältnissen allein abzuleiten; sie sind das Resultat vorausgegangener Zustände, die in einer fortschreitenden Bildung ihren Grund haben. Er schildert die Floren der verschiedenen erdgeschichtlichen Perioden und konstatiert einen gesetzmäßigen Zusammenhang der einzelnen Floren. Die Aufeinanderfolge der Pflanzenschöpfungen ist für ihn eine Entwicklung der Pflanzenwelt.

Auf die geologische Erklärung der Verbreitungs-Verhältnisse im einzelnen geht Unger nicht ein. Alphonse de Candolle dagegen, der berühmte Genfer Botaniker (1778—1841), erörtert die Bedeutung der geologischen Faktoren für die Erklärung der pflanzengeographischen

---

[15]) Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt, 1852.

Tatsachen namentlich in Hinsicht auf die disjunkten, in verschiedenen Gebieten zerstreuten Arten auch im einzelnen[16]).

Die Fortschritte der Geologie, ruft er aus, haben für die Naturwissenschaften einen neuen Tag heraufgeführt. Wir können jetzt versuchen, an der Kette der Zeiten bis zu den Ursprüngen des Pflanzen- und Tierreichs hinaufzusteigen. Wir sind zu der Überzeugung gelangt, daß die organischen Wesen der Gegenwart durch verschiedene klimatische und geographische Bedingungen der Vergangenheit hindurchgegangen sind. Und wenn die gegenwärtige Verbreitung der Arten bizarr erscheint, wenn sie nicht mit den modernen Verhältnissen der Klimata übereinstimmt, so kommt das wahrscheinlich daher, weil die vorausgegangenen geologischen und physischen Umstände sie beeinflußt haben. Wir sehen die Folgen einer von der unsrigen verschiedenen Ordnung der Dinge, und von diesem Gesichtspunkt aus gewinnt die Pflanzengeographie einen neuen Anblick. Sie hört auf, eine bloße Anhäufung von Tatsachen zu sein. Ihr Hauptziel ist jetzt, zu zeigen, daß die gegenwärtige Verbreitung der Pflanzen erklärt werden kann einmal durch die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse, sodann aber durch die früher herrschenden Bedingungen.

Immer wieder kommt De Candolle darauf zurück, daß die heutigen geographischen und klimatischen Verhältnisse nur eine sehr sekundäre Rolle spielen. Die wichtigsten Züge in der Verbreitung beruhen vielmehr auf früheren Ursachen, die Vegetation eines Gebietes ist das Resultat einer Reihe von geologischen und geographischen Ereignissen. Aber doch nicht ganz. Viele Erscheinungen bleiben auch dann noch unerklärbar, es macht sich ein mysteriöser Einfluß bemerkbar, der auf eine „ursprüngliche“ Verbreitung zurückgeführt werden müsse. In dieser ursprünglichen Verbreitung sei das Urgesetz der Tatsachen zu suchen; die geologischen und klimatischen Veränderungen haben es nur modifizieren können. Daß dieses Urgesetz in einer Entwicklung der Pflanzenwelt zu suchen sei, bestritt De Candolle ganz entschieden.

Im Jahre 1835, während seiner Reise um die Welt, hatte Darwin auch die geologischen und biologischen Verhältnisse der Galapagos-Inseln westlich von Südamerika untersucht und gefunden, daß die meisten organischen Ereignisse dieser Inseln einheimische Schöpfungen

---

[16]) Géographie botanique raisonnée ou exposition des faits principaux et des lois concernant la disposition géographique des plantes de l'époque actuelle. Paris 1855, p. XII.

sind, die sich sonst nirgends vorfinden. Sogar zwischen den Tieren und Pflanzen der verschiedenen Inseln bestehen Verschiedenheiten. Alle aber zeigen eine ausgesprochene Verwandtschaft mit denen von Amerika, obgleich sie von dem Festland 500 englische Meilen entfernt sind. Wir scheinen hier, bemerkt Darwin 1839 in seinem Reisebericht, dem Geheimnis aller Geheimnisse, nämlich der Erscheinung neuer Wesen auf der Erde, näher gebracht zu werden[17]).

Der Botaniker Hooker erklärte noch 1856 die merkwürdigen Erscheinungen, die die Galapagos-Inseln in pflanzengeographischer Hinsicht darboten, für ein Mysterium, das er wohl schildern, aber nicht erklären könne[18]). Aber schon drei Jahre vorher hatte der schwedische Botaniker N. J. Andersson die Verwandtschaft der endemischen Arten der Galapagos-Inseln mit amerikanischen Arten „möglicherweise" als einen Beweis für die Annahme hingestellt, daß jene vom Festland gekommen seien und sich dann verändert hätten. In seinem Buch über die Entstehung der Arten (1859) erörtert sodann Darwin auch die geographische Verbreitung der Organismen, insbesondere das Problem der Inselfauna und -flora, sowie die Fälle von Verwandtschaft der Flora und Fauna in voneinander getrennten Gebieten, und kommt zu dem Ergebnis, daß verschiedene Arten einer Sippe, wenn sie auch die entferntesten Teile der Welt bewohnen, doch ursprünglich aus gleicher Quelle entsprungen, vom nämlichen Stammvater entstanden sein müssen. „Die Vorstellung, daß jede Art nur von einem ursprünglichen Geburtsort ausgegangen sein müsse, drängt sich durch ihre Einfachheit dem Geiste auf, und wer sie verwirft, verwirft die vera causa, die gewöhnliche Zeugung mit nachfolgender Wanderung, um zu einem Wunder seine Zuflucht zu nehmen." Die Fälle von Verwandtschaft ohne Identität zwischen den Bewohnern jetzt getrennter Meere wie zwischen den früheren und jetzigen Bewohnern der gemäßigten Länder Nordamerikas und Europas sind, wie Darwin betont, aus der Schöpfungslehre unerklärbar. Wir können nicht sagen, sie seien ähnlich geschaffen in Anpassung an die ähnlichen Naturbedingungen der beiderlei Gegenden; denn wenn wir z. B. gewisse Teile Südamerikas mit den südlichen Kontinenten der alten Welt vergleichen, so finden wir in beiden Gegenden, die sich hinsichtlich ihrer Naturbeschaffenheit genau entsprechen, aber

---

17) Darwin, Reise eines Naturforschers. London 1845. Deutsch von J. V. Carus, auch von H. Schmidt. — 18) J. D. Hooker, On the Vegetation of the Galapagos Archipelago. Trans. Linn. Soc. Vol. 20, P. I, 1856, S. 259.

in ihren Bewohnern sich ganz unähnlich sind. Mit Darwins tiefgehenden Erörterungen war der Entwicklungsgedanke in der Biogeographie völlig zum Durchbruch gekommen: die oft so unerklärlich scheinende Verbreitung der Pflanzen und Tiere ist eine Folge geologischer und biologischer Entwicklung.

Der Sieg der genetischen Biogeographie war bald entschieden, nachdem Wallace und Hooker sich auf die Seite Darwins gestellt hatten. Zwar der Pflanzengeograph Grisebach verhielt sich noch 1872 in seinem Werk über „die Vegetation der Erde" ablehnend gegen den Entwicklungsgedanken und sprach von einem „Gesetz der räumlichen Analogien" und davon, daß „die entferntesten Vegetationszentren zuweilen in ähnlichen, aber doch nicht identischen Erzeugnissen sich gefallen"; aber es war doch leicht erkenntlich, daß solche und ähnliche Redensarten nichts erklärten, und daß in der Tat auch hier „Entwicklung" das Zauberwort ist, durch das die biographischen Rätsel zu lösen sind. Es war vor allen Adolf Engler, der in einem „Versuch einer Entwicklungsgeschichte der Pflanzenwelt, insbesondere der Florengebiete seit der Tertiärzeit" (1879) den Entwicklungsgedanken in der Pflanzengeographie zur völligen Anerkennung brachte.

August Brauer faßt 1911 seine Betrachtungen über die Inselfauna in folgenden Worten zusammen[19]: „Die Inseln müssen ihre Tiere in irgend einer Weise vom Festland erhalten haben, die kontinentalen, als sie noch ein Stück desselben bildeten, die ursprünglichen (vulkanischen und korallinischen) erst nach ihrem Auftauchen über dem Meeresspiegel. Für junge ursprüngliche Inseln läßt sich dies direkt nachweisen. Da wir nun alle Stufen von jungen bis zu den ältesten Inseln haben und sehen, wie ebenso stufenweise auch der Grad der Spezialisierung der Tierformen zunimmt und entsprechend der Entfernung der Inseln, der Verbreitungsfähigkeit der Tiere auch ihre Zahl und Art verschieden ist, und überall dieselben eine Verwandtschaft mit den nächstbenachbarten Ländern erkennen lassen, so ist der Schluß zwingend, daß auch auf den ältesten Inseln die Tiere nicht erschaffen wurden, sondern erst nach deren Entstehung eingewandert sind. Wer dies zugibt, kann sich aber auch dem weiteren Schluß nicht entziehen, daß die mehr oder minder große Verschiedenheit der Inselformen von denen der früheren Heimat auf eine Veränderlichkeit und Umbildungsfähig-

[19]) Tiergeographie und Abstammungslehre. In dem Buch: Die Abstammungslehre (von R. Hertwig, Doflein, u. a, 1911).

keit der Tiere zurückzuführen ist, d. h. er muß die Deszendenztheorie als die wahrscheinlichste Theorie der Entstehung der Organismen anerkennen", und, fügen wir hinzu als die wahrscheinlichste Erklärung des Problems der Inselfauna und -flora.

Daß Brauer noch im Jahre 1911 die Entscheidung ausdrücklich gegen die Schöpfungslehre treffen muß, ist ein Beweis für die Hartnäckigkeit, mit welcher sich diese im Denken auch noch des zwanzigsten Jahrhunderts erhält.

Daß die Probleme der Biogeographie auch nach der Einführung des Entwicklungsgedankens noch nicht alle gelöst sind und zum Teil unlösbar scheinen, spricht nicht gegen den Entwicklungsgedanken, sondern ist aus der Kompliziertheit der Erscheinungen erklärlich. Fraglich ist und auch gegenwärtig noch umstritten die Theorie Darwins von den einzigen „Schöpfungsmittelpunkten", die monotope Artentstehung, der vielfach eine Theorie der polytopen Entwicklung entgegengestellt wurde.

Der Tapir z. B. kommt auf Malakka, Sumatra und Borneo und ferner in Zentral- und Südamerika vor. In diesem Falle kann die monotope Entstehung durch die Geologie und Paläontologie als sicher nachgewiesen werden. Die ältesten fossilen Funde von Tapirinen finden sich im Eozän von Nordamerika. In Europa treten sie im Oligozän auf und erhalten sich bis zum Pliozän, in Asien und Südamerika erscheinen sie erst im Pleistozän. Die Tapirinen sind nach diesen geologischen und paläontologischen Zeugnissen in Nordamerika entstanden, sind von da einesteils nach Europa und weiter nach Indien gewandert, andernteils, nach der Entstehung der Landenge von Panama, auch nach Südamerika. Heute sind die Tapire der alten und der neuen Welt so verschieden, daß man sie als zwei verschiedene Untergattungen voneinander trennt. Es ist die Frage, ob auch andere Fälle ebenso gelöst werden können.

Schon 1866 äußerte Andrew Murray die Meinung, daß neue Arten aus allen Individuen der Stammarten entstehen könnten, die denselben äußeren Bedingungen ausgesetzt seien[20]), und 1872 sprach Wetterhau die Vermutung aus, daß die Selektion auf dieselbe Spezies an verschiedenen Orten in gleicher Weise einwirken könne. Dieser Gedanke wurde später von Saporta und Marion (1885) eingehender begründet. In neuerer Zeit suchten Handlirsch, Ekman, M. Rikli

---

20) The geographical Distribution of Mammals. London 1866.

und Hofsten durch Tatsachen zu beweisen, daß ein und dieselbe Stammform an mehreren verschiedenen Stellen dieselbe neue Form erzeugen könne, daß die Artbildung in mehreren parallelen Linien erfolgen kann, die in ihrem Ursprung voneinander ganz unabhängig sind. So führt M. Rikli den als Unterart aufgefaßten Zwergwachholder an, der einerseits in den Niederungen des Nordens, andererseits auf südlichen Gebirgen vorkommt. An beiden Orten lassen sich aber Übergänge von Juniperus communis zu der Unterart feststellen. Man kann, sagt Rikli, bei dieser Pflanze direkt beobachten, wie aus derselben Grundform an verschiedenen Stellen des Areals die Unterart hervorgeht[21]. Brauer dagegen findet es ausgeschlossen, daß eine und dieselbe Tier- oder Pflanzenform an voneinander weit entfernten Stellen der Erde entstanden sei[22]. Aber wie auch diese Frage gelöst werden mag: „Die Verbreitung ist das Produkt einer Entwicklung — diese Idee gehört zu jenen, die im Wechsel der Theorien unerschüttert dastehen werden" (Nils von Hofsten 1916).

---

21) Vgl. M. Rikli, Geographie der Pflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften IV, 785. — 22) Biogeographie. Kultur der Gegenwart, Abstammungslehre, 1914, S. 183. Über diese wie andere Fragen der neueren Biogeographie vgl. außerdem: P. Gräbner, Lehrbuch der Pflanzengeographie, 1910; A. Engler, Syllabus der Pflanzenfamilien, 7. A. 1912, Anhang: „Übersicht über die Florenreiche und Florengebiete der Erde." Über Tiergeographie: J. Meisenheimer, Zoogeographie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften X, 1915; A. Jacobi, Tiergeographie, 1904; A. R. Wallace, Die geographische Verbreitung der Tiere, deutsch von A. B. Meyer, 1876.

13. Kapitel.

Morphologie.

Der Bau der Organismen.

Name und Begriff der Morphologie stammen von Goethe (1807). In der Einleitung zu seinen „Morphologischen Heften“ führt er aus: Wenn wir Naturgegenstände, besonders aber die lebendigen, dergestalt gewahr werden, daß wir uns eine Einsicht in den Zusammenhang ihres Wesens und Wirkens zu verschaffen wünschen, so glauben wir zu einer solchen Kenntnis am besten durch Trennung der Teile gelangen zu können, wie denn auch wirklich dieser Weg uns sehr weit zu führen geeignet ist. Es braucht nur daran erinnert zu werden, was Chemie und Anatomie zur Ein- und Übersicht der Natur beigetragen haben.

Aber diese trennenden Bemühungen, immer und immer fortgesetzt, bringen auch manchen Nachteil hervor. Das Lebendige ist zwar in Elemente zerlegt, aber man kann es aus diesen nicht wieder zusammenstellen und beleben.

Es hat sich daher in den wissenschaftlichen Menschen aller Zeiten ein Trieb hervorgetan, die lebendigen Bildungen als solche zu erkennen, ihre äußeren sichtbaren, greiflichen Teile im Zusammenhang zu erfassen, sie als Andeutungen des Innern aufzunehmen und so das Ganze in der Anschauung gewissermaßen zu beherrschen. Man findet daher in dem Gange der Wissenschaft mehrere Versuche, eine Lehre zu gründen und auszubilden, welche Morphologie genannt werden kann. Denn wir wenden das Wort „Gestalt“ an, um den Komplex des Daseins eines wirklichen Wesens zu bezeichnen. Wir nehmen dabei an, daß ein Zusammengehöriges festgestellt, abgeschlossen und in seinem Charakter fixiert sei.

Betrachten wir aber die Gestalten, fährt Goethe fort, besonders die organischen, so finden wir, daß nirgends ein Bestehendes, nirgends

ein Ruhendes, ein Abgeschlossenes vorkommt, sondern daß vielmehr alles in steter Bewegung schwankt. Wenn wir also das Wort „Morphologie" brauchen, so dürfen wir nicht von Gestalt sprechen, sondern uns dabei nur die Idee, den Begriff, oder in der Erfahrung nur für den Augenblick Festgehaltenes denken. Das Gebildete wird sogleich wieder umgebildet, und wir haben uns, wenn wir einigermaßen zum lebendigen Anschauen der Natur gelangen wollen, selbst so beweglich und bildsam zu erhalten, nach dem Beispiel, mit dem sie uns vorgeht.[1])

Als Motto zu dieser Einleitung setzt Goethe das Wort aus dem Buch Hiob voran: „Siehe, er geht vor mir über, ehe ichs gewahr werde, und verwandelt sich, ehe ichs merke."

Kurz und bündig wird in einem Nachlaßfragment bestimmt: „Die Morphologie soll die Lehre von der Gestalt, der Bildung und Umbildung der organischen Körper enthalten"[2]).

Haeckel definiert 1866 die Morphologie oder Formenlehre der Organismen als die gesamte Wissenschaft von den inneren und äußeren Formverhältnissen der belebten Naturkörper, der Tiere und Pflanzen im weitesten Sinne des Wortes. Ihre Aufgabe sei die Erkenntnis und die Erklärung dieser Formverhältnisse, d. h. ihre Zurückführung auf bestimmte Naturgesetze. Gestalt des Ganzen und der einzelnen Teile, Zusammensetzung und Aufbau der Organismen seien die Probleme, deren Auflösung Angelegenheit der Morphologie sei. Jedes Sein wird aber völlig nur durch sein Werden erkannt. Die Morphologie sei daher in die beiden koordinierten Zweige der Anatomie, der Wissenschaft von der vollendeten organischen Form, und der Morphogenie oder Entwicklungsgeschichte, der Wissenschaft von der werdenden organischen Form, zu spalten.

Jede dieser Wissenschaften teilt Haeckel wiederum in zwei verschiedene Disziplinen. Die Anatomie enthält einesteils die Lehre von der Zusammensetzung des Organismus aus gleichartigen und ungleichartigen Teilen (Tectologie), andernteils die Lehre von den Formen der einzelnen Teile und insbesondere von deren geometrischen Grundformen (Promorphologie), an welche sich unmittelbar die Betrachtung der nicht geometrisch bestimmbaren äußeren Formen derselben anschließt. Die Morphogenie oder Entwicklungsgeschichte im weitesten Sinne

---

[1]) Zur Naturwissenschaft überhaupt, besonders zur Morphologie. I. Bd. 1. Heft. 1817. — [2]) Betrachtung über Morphologie überhaupt. Goethes Werke, Heinemannsche Ausg. 29, 274.

ist Entwicklungsgeschichte der Individuen (Ontogenie), oder Entwicklungsgeschichte der Stämme (Phylogenie)[3].

Ist die Gestalt im eigentlichen Sinne des Wortes das Gebiet der Morphologie im engeren Sinn, so untersucht die Anatomie die Zusammensetzung des Ganzen aus seinen Teilen. Die erste Zergliederung einer Pflanze oder eines Tieres zeigt diese zusammengesetzt aus Organen, deren jedes einer besonderen Funktion dient. Ihre Beschreibung und Erklärung wird als Organographie und Organologie bezeichnet. Die Organe ihrerseits sind zusammengesetzt aus bestimmten „Geweben", ein Arm z. B. aus Hautgewebe, Muskeln, Knochen usw. Die Wissenschaft von diesen Geweben im speziellen ist die Histologie, die zuweilen auch mikroskopische Anatomie genannt wird. Die Gewebe bestehen aus verschiedenartigen „Zellen", deren spezielle Erforschung Sache der Cytologie ist[4]. Als einfachste organische Bausteine eines lebenden Naturkörpers werden Molekül-Komplexe (Plastidule) angenommen, die verschiedentlich bezeichnet worden sind; der Ausdruck „Gene" scheint allmählich der allgemein gebräuchliche zu werden. Die weitere Analyse führt in die Chemie, die im Gebiete der Biologie speziell als Biochemie bezeichnet wird.

Die Anatomie ist also in fortschreitender Analyse: Organologie, Histologie, Cytologie und Genologie[5]; sie bilden in Wirklichkeit ein untrennbares Ganzes, denn das Ganze wird nur durch seine Teile, diese werden nur innerhalb des Ganzen vollkommen erkannt.

Die vergleichende Anatomie.

Der Ursprung der tierischen Anatomie oder Zootomie liegt in den praktischen Bedürfnissen der menschlichen Ernährung, sowie in den Bedürfnissen der Heilkunde. Die Zerlegung der erjagten oder geschlachteten Tiere, Krankheiten und Verletzungen einzelner Teile des Körpers lehrte diese genauer unterscheiden und betrachten. Die ersten genaueren Angaben über anatomische Verhältnisse sind mit

---

[3]) E. Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen 1866, Erstes Buch. — [4]) Innerhalb der Botanik wird die Lehre von den Organen noch als Morphologie (oder Organographie) bezeichnet, die Lehre von den Pflanzengeweben und Pflanzenzellen als Anatomie. — [5]) So etwa würde die Wissenschaft von den „Genen" zu benennen sein. Amerikanische und englische Forscher brauchen dafür den Namen „Genetik", der jedoch für die Entwicklungslehre schon längst präokkupiert und hier besser am Platze ist. Vgl. E. Haeckel, Welträtsel 1899, S. 277.

dem Namen des berühmtesten Arztes des Altertums, Hippokrates aus Kos (493—377) verknüpft[6]. Die Bemerkungen der hippokratischen Schriften über menschliche Anatomie gründen sich auf die Untersuchung von Tieren, nicht auf die Zergliederung menschlicher Leichname. Die Ähnlichkeit im Bau des Menschen und vieler Tiere wurde anscheinend als etwas Selbstverständliches hingenommen.

Aus rein wissenschaftlichem Interesse hat sich Demokrit aus Abdera (460—360) mit der Zergliederung von Tieren beschäftigt, im Besonderen wird ihm eine Anatomie des Chamaeleons zugeschrieben. Die Ergebnisse seiner Untersuchungen, von denen wir sonst keine Nachricht haben, hat wahrscheinlich Aristoteles verwertet, von dem wir die erste Schrift „über die Teile der Tiere" besitzen, die Rudolf Burckhardt mit Recht eine systematische vergleichende Anatomie und Physiologie nennt[7]. Gestalt, Lage, Anordnung, Ähnlichkeit und Unterschiede der Teile werden verglichen, Grundstoffe, gleichartige Teile (Gewebe) und ungleichartige Teile (Organe) unterschieden, die Proportionen und der Habitus berücksichtigt. Sein Sinn für „Formenverwandtschaft" läßt ihn überraschende Entdeckungen machen, führt ihn andererseits freilich auch oft in die Irre, so, wenn er Haare, Federn, die Stacheln des Igels, aber auch die Schuppen der Fische in einem gemeinsamen Begriff zusammenfaßt.

Aristoteles dringt aber auch zu den Gesetzmäßigkeiten im Bau der Lebewesen vor. Er kennt die wechselseitige Abhängigkeit, die später so genannte Korrelation der Teile ebenso wie das von Goethe und Geoffroy St. Hilaire wiedererkannte Prinzip vom Gleichgewicht der Organe (balancement des organes). Eine Veränderung, sagt er, die bei den Tieren ein kleines Organ erfaßt, bewirkt augenscheinlich gewaltige Veränderungen in der Beschaffenheit des ganzen Körpers; und allenthalben gibt die Natur das, was sie an einem Teil wegnimmt, an einen andern ab, sie kann nicht nach zwei Seiten hin den gleichen Aufwand treiben[8]. Ebenso ist ihm das Prinzip der Ar-

---

[6]) Zur Geschichte der Anatomie im allgemeinen vgl. R. von Töply im Handbuch der Geschichte der Medizin von Neuburger und Pagel, II. Bd., 1903; C. Gegenbaur, Lehrbuch der Anatomie des Menschen. 8. A. Bd. I, 1909, von M. Fürbringer; O. Schmidt, Die Entwicklung der vergleichenden Anatomie, 1855; V. Carus, Geschichte der Zoologie, 1872; R. Burckhardt, Geschichte der Zoologie, 1907. Zur Geschichte der botanischen Morphologie und Anatomie J. Sachs, Geschichte der Botanik, 1875. — [7]) Geschichte der Zoologie, 1907, S. 21. Vgl. auch Gomperz, Griechische Denker III, 1909, S. 101 ff.

beitsteilung bekannt, das im neunzehnten Jahrhundert von Milne Edwards wieder entdeckt wurde. „Wo es irgend möglich ist, heißt es in der Schrift „von den Teilen der Tiere“ (IV, 6), zwei Dinge zu zwei Verrichtungen zu gebrauchen, da pflegt die Natur es nicht so zu machen wie die Schmiedekunst, die einen Bratspieß schafft, der zugleich als Leuchter dienen kann.“ Und in der „Politik“ (IV, 15): „Nichts schafft die Natur in kümmerlicher Weise, sondern je einem Zwecke widmet sie ein besonderes Mittel. Kann doch auch ein jedes Werkzeug nur dann seine größte Vollkommenheit erreichen, wenn es nicht zu mehreren, sondern nur zu einer Leistung dient.“

Aus der Zeit nach Aristoletes hören wir nur noch von den großen alexandrinischen Ärzten Herophilus und Erasistratus (um 300 v. Chr.), die sich mit anatomischen Untersuchungen beschäftigt und auch menschliche Leichname zergliedert haben. Beinahe ein halbes Jahrtausend später (131—200 n. Chr.) sezierte Galenos von Pergamon noch verschiedene Tiere, Fische, Schlangen, Vögel, Mäuse, Wiesel, besonders aber Affen, um aus ihrem Bau den des menschlichen Körpers kennen zu lernen, dann hören wir etwa tausend Jahre lang nichts mehr von anatomischen Forschungen. Die Schriften von Galen, Hippokrates und Aristoteles geben dem Mittelalter alles, was es an naturwissenschaftlichen, speziell auch anatomischen Kenntnissen brauchte. Gegen Ende des elften Jahrhunderts schrieb der Arzt Cophon aus Salerno eine Anatomie des Schweines, das er für das menschenähnlichste Tier hielt.

Im Jahre 1240 ordnete Friedrich II. von Hohenstaufen den Lehrgang der medizinischen Schulen von Salerno und Neapel und forderte menschliche Anatomie als Vorbereitungsfach für die Mediziner. Der heterodoxe Michael Scottus († 1235), den Dante in die Hölle versetzt, mußte ihm die Tiergeschichte des Aristoteles übersetzen; er selbst schrieb ein Buch über die Kunst, mit Falken zu jagen [9]). Darin wird das Vogelskelett genau beschrieben, ja auch die Anatomie der Eingeweide abgehandelt. „Durch das ganze Werk erhebt sich Friedrich auf eine Stufe der Zoographie, wie sie eigentlich erst drei Jahrhunderte nach ihm wieder zum vollen Bewußtsein erwachte“ [10]).

Von Salerno aus verbreitete sich die Hochschätzung der Anatomie

---

[8]) Tiergeschichte VIII, 2; Über die Zeugung der Tiere III, 1. — [9]) De arte venandi cum avibus. Augsburg 1596; deutsch von Schöpffer, Berlin 1896. — [10]) R. Burckhardt, S. 45.

über ganz Italien; besonders in Bologna fand sie eine Stätte eifriger Pflege. Mondino schrieb hier 1315 seine „Anathomia", die bis auf Vesal im 16. Jahrhundert maßgebend blieb. Sie enthält aneinandergereihte Beschreibungen von Teilen des menschlichen Körpers.

Der erste, der in der Neuzeit den Grundstein zu einer vergleichenden Anatomie legte, war Leonardo da Vinci (1452—1519). Er unternahm zahlreiche eigenhändige Sektionen an Menschen und Tieren, und da ihm der Mensch nur als die „prima bestia infralli animali" erscheint, so weist er bei der Beschreibung der einzelnen Teile des menschlichen Körpers immer wieder auf die Befunde bei Tieren und erörtert und vergleicht diese schriftlich und bildlich. Indem er z. B. die Muskeln der unteren Extremität darstellt, nimmt er sich vor: Bilde den Fuß des Bären, des Affen, und den eines Vogels ab, und sieh, worin sich die Füße unterscheiden. Ähnliches gilt für die Hand. Mache eine besondere Abhandlung über die Muskeln bei den Biegungen der Glieder, deren Kenntnis äußerst wichtig ist bei den Vierfüßlern, und bei der Beschreibung der Bewegung; berücksichtige auch den Menschen, der in seiner Kindheit auf vier Füßen geht. Zu beschreiben seien die Unterschiede der Eingeweide beim Menschen, Affen und anderen Tieren usw. Auf einer seiner unübertrefflich genauen und dabei doch künstlerischen Tafeln stellt er zwei Abbildungen zum Vergleich neben einander; die eine zeigt die Muskulatur der hinteren Extremität des Pferdes, die andere die des Menschen[11]).

Das grundlegende Werk für die menschliche Anatomie der Neuzeit erschien im Jahre 1543; es war die „Corporis humani fabrica" des Andreas Vesalius (1514—1565). Grundlegend war sie vor allem deshalb, weil sie sich von aller Tradition freimachte und auf eigener Anschauung beruhte. Sein System der Anatomie — Knochen, Bänder, Muskeln, Nerven, Sinne, Darm, Atmungs-, Zirkulations- und Urogenital-System — beherrscht die Anatomie noch heute. Die tierische Anatomie wurde auch unter den berühmten Nachfolgern Vesals, Eustachius, Fallopius, Fabricius ab Aquapendente, Aldrovandi usw. meist nur zur Aufhellung der menschlichen Anatomie herbeigezogen. Volcher Coiter (1535—1600) bildet eine Reihe von Skeletten verschiedener Tiere ab, aber ohne die Vergleichung derselben durch-

[11]) Vgl. M. Holl, Leonardo da Vinci und Vesal. Archiv für Anatomie und Physiologie. Anat. Teil, 1905, S. 111; derselbe, Die Anatomie des L. da Vinci; ebenda, S. 177.

zuführen. Die erste, ausschließlich der tierischen Anatomie gewidmete Schrift war die „Zootomia democritaea" des Marco Aurelio Severino (1645). Man beginne, meint er, das Studium der Anatomie besser mit einfacheren Körpern, als dem des Menschen, der den kompliziertesten, übrigens aber den Tieren sehr ähnlichen Bau besitze. Severino schon verwendet den Begriff des Architypus oder Bauplans, der dann im 18. und 19. Jahrhundert eine so große Rolle gespielt hat[12]).

Im 17. Jahrhundert bereicherte Nikolaus Steno die tierische Anatomie durch Untersuchungen von Fischen, Nehemia Grew durch die vergleichende Anatomie der Verdauungsorgane, Caldesi durch eine Anatomie der Schildkröte, Redi und Lorenzini durch Untersuchungen über die Viper und über den Zitterrochen. Thomas Willis (1622—1675) verglich den Schädel, das Gehirn, die Seele des Menschen mit jenen der Tiere. Er betrachtet das Gehirn als ein in der Reihe der Tiere allmählich entwickeltes Organ, und was bei dem menschlichen Gehirn infolge seiner Komplikation und seines Volumens schwer zu erkennen sei, zeige das Tiergehirn gleichsam in einem Auszug offen und bequem. Er zuerst verwendet die Bezeichnung „Anatomia comparata" für die Morphologie. E. Tyson lieferte Anatomien vom Beuteltier, Delphin und Schimpansen, Marcello Malpighi (1628—1694) zergliederte das Gehirn, die Zunge, Lungen, Nieren, Eingeweide und Nerven des Menschen und gab eine musterhafte Monographie in seiner Anatomie des Seidenwurms. Jan Swammerdam (1637—1680) lehrte in wunderbar genauen Darstellungen und Zeichnungen den Bau der Insekten und Weichtiere kennen.

Das 18. Jahrhundert setzte die Arbeit des 17. fort. Peter Camper (1722—1789) bearbeitete die Anatomie des Orang-Utan, des Elefanten, Renntiers, Rhinozeros und der Wale; Pallas und Reaumur die der Pflanzentiere, Poli die der Mollusken, der jüngere Monro die der Fische und des Seeigels, Scarpa lieferte vergleichende anatomische Untersuchungen über das Gehör- und Geruchsorgan der Vögel und Fische. Johann Friedrich Blumenbach schrieb das erste deutsche Handbuch der vergleichenden Anatomie (1804), nachdem er seit 1875 als erster auf einer deutschen Hochschule vergleichende Anatomie vorgetragen hatte. In den wissenschaftlichen Anstalten Stuttgarts sammelte Friedrich Kielmeyer (1765—1844) ein umfangreiches Material

[12]) Vgl. R. Burckhardt, S. 58.

zur vergleichenden Anatomie; in Frankreich führte Vicq d'Azyr (1748—1794) die Vergleichung durch alle Tierklassen hindurch, um die Abstufungen und Nüancen der verschiedenen Organe kennen zu lernen. Er war mit Buffon (1707—1788) überzeugt, daß im Tierreich ein „dessein ou modèle primitif et général" vorhanden sei, den die vergleichende Anatomie zu erforschen habe[13]) und er faßte den Plan, alle Klassen und selbst Arten der Tiere vergleichend anatomisch zu bearbeiten. Der Tod nahm ihm die Arbeit aus der Hand, aber ein anderer ergriff sie und führte sie durch: Georg Cuvier (1769—1832).

Cuvier und Goethe.

Cuvier, geboren in Mömpelgard, gebildet auf der berühmten Karlsakademie in Stuttgart, wo er seine entscheidende Richtung durch Kielmeyer empfing, von Geoffroy St.-Hilaire seiner vergleichend-anatomischen Neigungen wegen nach Paris berufen, wurde dort Professor der vergleichenden Anatomie und Oberaufseher des von Daubenton angelegten zootomischen Kabinetts, das er in großartigster Weise auszubauen verstand[14]). Die Sammlung machte, wie Cuvier selbst bemerkt, die vergleichende Anatomie zu einem Spiel. Sie enthielt „in der schönsten Ordnung und mit der größten Deutlichkeit alle Teile des Tierkörpers, aus den am meisten voneinander entfernten Arten, von denen an, die dem Menschen am nächsten stehen, bis zu denen, wo man nur noch eine kaum organisierte Gallerte bemerkt, und ein flüchtiger Blick reicht hin, um die allmählichen Verschiedenheiten und Abstufungen eines Organs aufzufassen"[15]). Der vergleichende Anatom darf sich nach Cuviers Auffassung nicht bei dem Individuellen der Erscheinungen aufhalten; er muß vielmehr das unterscheiden, was an einer jeden allgemeines und notwendiges Erfordernis ist. „Zu diesem Behuf muß er sie in allen Modifikationen untersuchen, welche ihre Zusammensetzung mit andern Phänomenen veranlassen kann; er muß sie ferner von allen Nebenumständen, die ihre wahre Natur verhüllen, trennen und entblößen; mit einem Worte, er muß sich nicht auf eine Art von belebten Körpern einschränken, sondern alle vergleichen und das Leben und die Erscheinungen, woraus es besteht, in allen Wesen, denen ein Funke

[13]) Vicq d'Azyr, Traité d'anatomie et de physiologie Paris 1786. — [14]) Über Cuvier vgl. K. E. v. Baer, Lebensgeschichte Cuviers, hgg. von Stieda, 1897. — [15]) Cuvier, Vorlesungen über vergl. Anatomie. Deutsch von Meckel und Froriep I. 1809, S. V.

daran zu teil ward, untersuchen. Nur auf diese Weise kann er hoffen, den geheimnisvollen Schleier zu lüften, der das Wesen desselben deckt.“

Aber nicht nur das Leben überhaupt faßt Cuvier als ein Ganzes auf, dessen Einzelheiten nur im Zusammenhange voll erkannt werden können, auch der einzelne Organismus ist für ihn ein Ganzes, ein einheitliches und geschlossenes System, in welchem alle Teile gegenseitig einander entsprechen und zum Leben des Ganzen durch wechselseitige Gegenwirkung beitragen. „Keiner dieser Teile kann sich verändern, ohne daß die übrigen auch verändert werden, und folglich bezeichnet und gibt jeder Teil einzeln genommen alle übrigen.“

Es ist das Gesetz der Korrelation der Teile, das Cuvier hier ausspricht, und das sich für die weitere Forschung, insbesondere in der Paläontologie, die es ja meist nur mit Bruchstücken von Organismen zu tun hat, als ein heuristisches Prinzip von ungemeiner Fruchtbarkeit erwies. Cuvier erläutert es: Wenn die Eingeweide eines Tieres auf eine solche Weise organisiert sind, daß sie nur Fleisch und zwar bloß frisches verdauen können, so müssen auch seine Kiefer zum Fressen und seine Klauen zum Festhalten und zum Zerreißen, seine Zähne zum Zerschneiden und zur Zerkleinerung seiner Beute, das ganze System seiner Bewegungsorgane zur Verfolgung und Erreichung seiner Beute, seine Sinnesorgane zur Wahrnehmung derselben in der Form eingerichtet sein. Es muß selbst in seinem Gehirn der nötige Instinkt liegen, sich verbergen und seinen Schlachtopfern hinterlistig auflauern zu können. Dies sind die allgemeinen Verhältnisse, die bei allen fleischfressenden Tieren vorkommen; jedes muß sie notwendig alle in sich befassen, denn ohne dies würde seine Rasse nicht haben bestehen können. Allein bei diesen allgemeinen Verhältnissen bestehen noch besondere, in Rücksicht auf die Größe, Art und Aufenthalt der Beute, von welcher das Tier lebt, und aus jedem von diesen besonderen Verhältnissen gehen spezielle Modifikationen der durch die allgemeinen Verhältnisse bestimmten Formen hervor, so daß sich nicht bloß die Klasse, sondern auch die Ordnung, die Gattung und selbst die Art in der Bildung eines jeden Teiles kund geben[16]).

Die gesamte Tierwelt vergleichend-anatomisch überblickend, sieht Cuvier sehr wohl, daß, wenn man die einander ähnlichsten Tiere neben-

---

[16]) Cuviers Ansichten von der Urwelt (Discours préliminaire der 2. Ausgabe von Cuviers Récherches sur les ossements fossiles, 1821), deutsch von J. Nöggerath, Bonn, 1822 S. 80. Vgl. auch das Kapitel über „Paläontologie“.

einanderstellt, eine Art von Reihe aufgestellt werden kann, die sich gleichsam stufenweise von der Urform zu entfernen scheint. Er kennt „die Ideen, welche sich einige Naturforscher von einer Stufenleiter der Wesen gebildet haben, worin alle Wesen in eine einzige Reihe kommen, die von dem vollkommensten anfängt und bei dem einfachsten und mit den wenigsten und allgemeinsten Eigenschaften ausgestatteten aufhört, und bei welchen der Verstand von dem einen zum andern durch fast unmerkliche Nuancen übergehen könnte, ohne Zwischenräume wahrzunehmen“. Cuvier gibt zu: wenn man in gewissen Grenzen bleibe und jedes Organ für sich betrachte und es durch alle Arten einer Klasse verfolge, könne man es mit einer seltsamen Gleichförmigkeit sich vereinfachen und vermindern sehen. Man bemerke es sogar noch zum Teil und wie ein Überbleibsel in den Arten, wo es gar keine Bestimmung mehr habe, so daß die Natur es nur gebildet zu haben scheine, um dem Gesetze, keinen Sprung zu machen, treu zu bleiben. Aber er konstatiert auch, daß nicht alle Organe derselben Ordnung von Vereinfachung und Abnahme folgen. Dies ist in seiner höchsten Vollkommenheit in dieser Tierart vorhanden, jenes in einer ganz andern Art; wenn man also die Tiere, nach jedem Organ für sich betrachtet, ordnen wollte, würde man so viele Reihen bilden müssen, als man Bestimmungsorgane angenommen hat. Um eine allgemeine Vollkommenheits-Stufenleiter zu erhalten, müßte man das Resultat jeder Kombination mit in Anschlag bringen.

Andererseits lassen sich, führt Cuvier weiter aus, diese leichten und unmerklichen Nuancen zwar bemerken, so lange man bei denselben Kombinationen der Hauptorgane bleibt. Hier scheinen alle Tiere nach einem gemeinschaftlichen Plane, welcher allen kleinen äußeren Modifikationen zu Grunde liegt, gebildet zu sein. Aber sowie man zu den Tieren übergeht, wo andere Hauptkombinationen vorhanden sind, gibt es gar keine Ähnlichkeit mehr und die auffallenden Lücken und Sprünge seien nicht zu verkennen. „Welche Anordnung man auch den rückgratigen und rückgratslosen Tieren geben mag, man wird doch nicht dahin gelangen, an das Ende der einen oder zu Anfang der andern dieser großen Abteilungen zwei Tiere zu bringen, welche sich so gleichen, daß sie als Verbindungsglieder zwischen ihnen dienen können.“ Auf Grund dieser Tatsachen und Reflexionen unterscheidet Cuvier vier verschiedene Typen des Tierreichs, die nicht weiter auf eine Einheit zu bringen seien.

Vom Standpunkt der heutigen Phylogenie aus läßt sich leicht erkennen, daß die vergleichende Anatomie der rezenten Tiere auch innerhalb eines einzelnen Typus, z. B. dem der Wirbeltiere, keine einfache Reihe konstruieren kann, aus dem einfachen Grunde, weil die jetzt lebenden Tiere nur die letzten Verzweigungen am Stammbaum des Tierreichs darstellen, und die Divergenz der Zweige eben nur dadurch zustande gekommen ist, daß sich die verschiedenen Organe in verschiedener Weise zu verschiedener Höhe gebildet haben. Ebenso sind die verschiedenen Typen verschiedene Äste des allgemeinen Tierstammes, die sich sehr tief unten von diesem getrennt und ihre besondere Entwicklungsrichtung eingeschlagen haben. Nicht in den Spitzen, sondern in der Tiefe finden sich die verbindenden Übergänge; in den Spitzen nur insofern, als sie sich alte Erbstücke bewahrt haben können, die einen diese, die andern jene. Gleiche Erbstücke können somit allerdings in Arten auftreten, die im übrigen sehr weit voneinander entfernt sind.

Cuviers Verdienste um die vergleichende Anatomie sind groß; aber der alles erleuchtende Gedanke der Entwicklung fehlte ihm völlig. Er beschränkte den Zweck der vergleichenden Anatomie darauf, „die Verschiedenheiten anzugeben, welche jedes Organ (in allen Tieren betrachtet), darbietet"[17]). Die vergleichende Anatomie ist bei ihm eine rein beschreibende Wissenschaft, die kausale Erklärung der mitgeteilten Tatsachen fehlt. Ihre Zurückführung auf „allgemeine Gesetze", wie Cuvier sie versteht, ist keine Erklärung, sondern vereinfachte Beschreibung.

Während Cuvier sich genötigt sah, vier verschiedene Typen des Tierreichs anzunehmen, vier Baupläne, die nicht weiter auf einen gemeinsamen Nenner zu bringen seien, ist Etienne Geoffroy Saint-Hilaire (1772—1844) überzeugt von der Einheit des Bauplanes im ganzen Tierreich[18]). Goethe bezeichnet als seinen Hauptgedanken: Die Organisation sei einem allgemeinen, nur hie und da modifizierten Plan, woher die Unterscheidung derselben abzuleiten sei, unterworfen.

---

[17]) Vorlesungen I, S. 50. — [18]) Vgl. insbesondere seine „Philosophie anatomique", 1818, sowie seine „Principes de Philosophie zoologique, 1830. Die letzteren sowie den Streit Geoffroys mit Cuvier über die Einheit oder Vielheit der Typen, hat Goethe eingehend besprochen in den „Jahrbüchern für wissenschaftliche Kritik", Sept. 1830 und März 1832. S. Goethes Werke (Heinemannsche Ausgabe) 30, 28.

Geoffroy behauptete, daß sich dieselben Organe in derselben Form und Konstitution bei allen Tieren vorfänden (Theorie des analogies). Die Tatsache, daß viele Organe in verschiedenen Tierklassen halb oder ganz „unterdrückt" sind, d. h. fehlen, führte er auf die verhältnismäßig bedeutende Entwicklung der vorhandenen Organe zurück, eine Entwicklung, die immer auf Kosten der benachbarten geschehe (balancement des organes). So von seinen Ideen eingenommen, glaubte er nachweisen zu können, daß die Insekten Wirbeltiere seien, deren Wirbel sich bis auf die Körperoberfläche ausgedehnt hätten, und ebenso kühn konstruierte er eine vollkommene Übereinstimmung der Cephalopoden (Tintenfische) mit den Wirbeltieren. Darüber geriet er in einen wissenschaftlichen Streit mit Cuvier, in dem er notwendig unterliegen mußte, da der „Bauplan" der Wirbeltiere, wie Cuvier leicht nachzuweisen vermochte, tatsächlich völlig verschieden ist von dem der Insekten und Mollusken. Der Streit, der schließlich in der französischen Akademie öffentlich zum Ausbruch kam, drehte sich tatsächlich nur um die Frage der Einheit oder Vielheit des Typus, nicht um die Berechtigung der Entwicklungslehre. Daß Geoffroy jedoch ins Ganze zu dringen sucht, „ins Wirkende, Werdende, sich Entwickelnde", hebt Goethe ausdrücklich hervor.

Der vergleichende Anatom Goethe[19]) fand in Geoffroy „einen mächtigen Alliierten", war er doch ebenso wie dieser von der Einheit des tierischen Bauplans überzeugt. Diese Einheit nachzuweisen, ist für ihn die Aufgabe der vergleichenden Anatomie. Die Anatomie ist aber nur ein Teil der Morphologie, der Lehre von der „Bildung und Umbildung organischer Naturen", welche die Ontogenie mit umfaßt, die Metamorphose der Pflanzen und Tiere, aber auch auf die Phylogenie hindeutet, auf die „Metamorphose" des Tierreichs und Pflanzenreichs.

In der Absicht, die Einheit des Bauplans in der Wirklichkeit zu entdecken, verfolgt Goethe die Metamorphose der Pflanzen, die „Stufenfolge des Pflanzenwachstums" von den Samenblättern an bis zur Bildung der Frucht und des Samens; und er findet, daß die sämtlichen, so verschiedenartigen Organe der Pflanzen auf ein „Urphänomen" zurückgehen, auf das „Blatt", wobei er sehr wohl weiß, „daß wir ein allgemeines Wort haben müßten, wodurch wir dieses in so verschiedene

---

[19]) Vgl. K. v. Bardeleben, Goethe als Anatom. Goethe-Jahrbuch XIII, 1892, S. 163.

Gestalten metamorphosierte Organ bezeichnen und alle Erscheinungen seiner Gestalt damit vergleichen könnten".

Goethe bleibt jedoch nicht bei der Einzel Ontogenie stehen. Es kommt vielmehr „sehr viel darauf an, daß man die verschiedenen Stufen, welche die Natur sowohl in der Bildung der Geschlechter, der Arten, der Varietäten, als in dem Wachstum einer jeden einzelnen Pflanze betritt, genau beobachte und miteinander vergleiche"[20]. Diese Vergleichung zeigte ihm einerseits das Wechselhafte der Pflanzengestalten, ihre Versalität oder Mobilität, die durch äußere Umstände in Bewegung gesetzt wird, andererseits ihr Übereinkommen in einem „Typus", einem Schema, einer Idee, einem Begriff, der „sinnlichen Form einer übersinnlichen Urpflanze"[21]. Der Gedanke wurde in ihm lebendig, „daß man sich alle Pflanzengestalten vielleicht aus einer entwickeln könne". So nahe Goethe hier dem Deszendenz-Gedanken kommt, so erfaßt er ihn doch nicht, oder spricht ihn doch nicht aus. Der Begriff der Entwicklung bleibt hier rein logisch; die Urpflanze ist nicht die reale Stammpflanze, sondern die ideale Form, von der sich die realen Pflanzen ableiten lassen. Was aber „der Idee nach gleich ist, kann in der Erfahrung entweder als gleich oder als ähnlich, ja sogar als völlig ungleich und unähnlich erscheinen, und darin besteht eigentlich das bewegliche Leben der Natur"[22]. Erst die Deszendenztheorie vermochte der „Idee" Goethes eine reale Grundlage zu geben.

Das Gegenstück zu seiner „Urpflanze" ist Goethes „Typus" der Tierorganisation. Auch dieser ist nur „ein allgemeines Bild, worin die Gestalten sämtlicher Tiere der Möglichkeit nach enthalten wären und wonach man jedes Tier in einer gewissen Ordnung beschriebe. Schon aus der allgemeinen Idee des Typus folgt, daß hier kein einzelnes Tier als ein solcher Vergleichskanon aufgestellt werden könne: „kein einzelnes kann Muster des Ganzen sein"[23]. Der Typus ist eine „Norm", die von der Gestalt der verschiedenen Tiere abgezogen ist, auf die man dann die verschiedensten Gestalten wieder zurückführen kann.

Die Metamorphose wirkt nun bei vollkommeneren Tieren auf zweierlei Art, erstlich so, daß identische Teile nach einem gewissen Schema auf die beständigste Weise verschieden umgeformt werden; zweitens so, daß die in dem Typus benannten einzelnen Teile durch

[20]) Metamorphose der Pflanzen, § 102. — [21]) Geschichte meiner botanischen Studien. — [22]) Zur Morphologie, 1807. — [23]) Erster Entwurf einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie, 1795.

alle Tiergeschlechter und -Arten immerfort verändert werden, ohne daß sie jemals ihren Charakter verlieren können[24]).

Goethe versteht unter den ,,vollkommeneren Tieren" die Wirbeltiere, die er als einen einheitlichen Typus anerkennt. Die vergleichende Betrachtung führt ihn jedoch noch weiter, zur einheitlichen Auffassung alles Lebendigen. ,,Wenn man, sagt er, Pflanzen und Tiere in ihrem unvollkommensten Zustand betrachtet, so sind sie kaum zu unterscheiden. Ein Lebenspunkt, starr, beweglich oder halbbeweglich ist das, was unserm Sinne kaum bemerkbar ist. Ob diese ersten Anfänge, nach beiden Seiten determinabel, durch Licht zur Pflanze, durch Finsternis zum Tier hinüberzuführen sind, getrauen wir uns nicht zu entscheiden, ob es gleich hierüber an Bemerkungen und Analogien nicht fehlt. So viel aber können wir sagen, daß die aus einer kaum zu sondernden Verwandtschaft als Pflanzen und Tiere nach und nach hervortretenden Geschöpfe nach zwei entgegengesetzten Seiten sich vervollkommnen, so daß die Pflanze sich zuletzt im Baum dauernd und starr, das Tier im Menschen zur höchsten Beweglichkeit und Freiheit sich verherrlicht"[25]).

Ein Geistesverwandter Goethes war Carl Gustav Carus (1789 bis 1869). Er behandelte zum erstenmal wieder seit Blumenbach die vergleichende Anatomie als selbständige Disziplin, in seinem ,,Lehrbuch der vergleichenden Zootomie" (1. Aufl. 1818, 2. 1834), das als Motto auf dem Titelblatt das Goethewort trägt: ,,Alle Gestalten sind ähnlich, und keine gleichet der andern; und so deutet das Chor auf ein geheimes Gesetz." Als seine Hauptaufgabe betrachtet Carus, ,,eine Geschichte der stufenweise sich vervollkommnenden Organisation in der Beschreibung des verschiedenen Baues der einzelnen tierischen Geschöpfe zu geben". Ist hier auch das Wort ,,Geschichte" mehr im Sinne eines Berichtes über die Stufen der Organisation verstanden, so streift doch die Behandlung dieser ,,Geschichte" nahe an eine ,,genetische Morphologie" im heutigen Sinn. Carus verwendet auch diesen Ausdruck und hält es für notwendig, ,,daß die Untersuchungen nicht, wie bisher in dieser Disziplin (der vergleichenden Zootomie) gewöhnlich geschehen ist, von der menschlichen Organisation aus nach und nach über die tieferen Bildungen sich verbreiten, als wodurch die Übersicht einer allmählichen Entwicklung besonderer organischer

[24]) Vorträge über die drei ersten Kapitel einer allgemeinen Einleitung in die vergleichende Anatomie, 1796. — [25]) Zur Morphologie, 1807.

Systeme, wie sie doch in der Reihe der Tiere unleugbar stattfindet, beträchtlich erschwert und zu manchen fehlerhaften Beurteilungen Veranlassung gegeben wird, sondern daß wir zweckmäßiger, stets von der Betrachtung der tiefsten Stufen tierischer Organisation ausgehend, diese letztere in ihrer Steigerung bis zur vollendetsten Form verfolgen". Diesem Programme gemäß behandelte Carus in seinem Buche die Geschichte der Entwicklung des Nervensystems in der Reihe der Tiere, des Skeletts, der die Bewegung vermittelnden Gebilde, der Sinnesorgane, und erörtert z. B. zuerst die Entstehung des Nervensystems, sodann die Fortbildung des Nervensystems in den Weich- und Gliedertieren, und schließlich die höhere Entwicklung des Nervensystems in den Kopftieren (Fische, Amphibien, Vögel und Säugetiere). Die Worte „Geschichte" und „Entwicklung" brauchten nur in einem realen Sinn genommen zu werden, so hätte man hier eine genetische Anatomie, wie sie um diese Zeit gar nicht besser gegeben werden konnte.

Meckel und Bronn.

Das bedeutendste, gedankenreichste „System der vergleichenden Anatomie" nach Cuvier veröffentlichte im Jahre 1821 Johann Friedrich Meckel in Deutschland, nachdem er schon seit dem Jahre 1808 wichtige „Beiträge zur vergleichenden Anatomie" geliefert hatte. Meckel führt alle „Bildungsgesetze" der organischen Formen auf zwei zurück: auf das Gesetz der Mannigfaltigkeit und das Gesetz der Identität, der Analogie oder der Reduktion. Die Mannigfaltigkeit ist anatomischer Art —verschiedenartige Teile in demselben Organismus — oder systematisch — Individuen, Spielarten, Arten, Gattungen, Ordnungen und Klassen — oder periodisch — in den verschiedenen Lebensperioden desselben Organismus. Diese Mannigfaltigkeit läßt sich jedoch auf eine Einheit zurückführen. „Allen organischen und zunächst tierischen Bildungen liegt ein Typus zugrunde, wovon sie nur Abänderungen sind" (I, 351). Insbesondere fallen für Meckel die periodischen Verschiedenheiten mit den zoographischen zusammen, die ontogenetischen mit den systematischen, wie wir heute sagen würden.

Die Mannigfaltigkeit beruht nach Meckel auf inneren und äußeren Ursachen. Zu den inneren Ursachen gehört die Zusammensetzung der tierischen Substanz, sowie „die Unmöglichkeit, sogleich den höchsten Grad der Ausbildung zu erreichen, mithin die Notwendigkeit, eine mehr oder weniger zusammengesetzte Reihe von Bildungsstufen zu durch-

laufen". Innere und äußere Mannigfaltigkeit entwickeln sich erst allmählich. Ebenso entstanden früher die niederen, später die höheren Tiere. Ein dritter, innerer Grund der Mannigfaltigkeit ist die Fähigkeit, durch äußere Einflüsse aller Art mehr oder weniger bestimmt und abgeändert zu werden; ein vierter endlich die Eigentümlichkeit der Organismen, eine aus irgend einem Grunde entstandene Abänderung den Nachkommen einzuverleiben. In moderner Terminologie ausgedrückt läßt sich sagen, daß Meckel die Mannigfaltigkeit auf Entwicklung, Anpassung und Vererbung zurückführt. Es ist für ihn „keinem Zweifel unterworfen, daß schon vorhandene Bildungen auf das Mannigfaltigste abgeändert werden können" und „die Annahme, daß auf diese Weise allmählich aus irgend einem Organismus, gleichviel aus welchem Punkte der jetzt bestehenden Schöpfung, sich die zahllose Menge der gegenwärtig vorhandenen, nach allen ihren quantitativen und qualitativen Verschiedenheiten, habe entwickeln können, hat wenigstens keine innere Unmöglichkeit wider sich" (I, 341).

Wir finden hier den Entwicklungsgedanken in der vergleichenden Anatomie zum erstenmal klar ausgesprochen, ein Verdienst, das nicht gemindert wird durch die Einschränkung, die ihm Meckel gibt, daß auch eine ursprüngliche Verschiedenheit wahrscheinlich sei; denn diese Einschränkung war geboten durch den Stand der Forschung, der die Annahme gestattete, „daß auch jede Art ein unmittelbares Produkt der schaffenden Kraft sein kann". Auch einen „inneren Entwicklungstrieb" nimmt Meckel an, wie später der Botaniker Carl von Nägeli, ein der organischen Natur einwohnendes Streben, „durch niedere Bildungsstufen sich allmählich zu höheren zu erheben".

Von großer Bedeutung für die Methode der vergleichenden Anatomie war die „vergleichende Anatomie der Myxinoiden" von Johannes Müller (1835—1845), sowie seine Abhandlung „Über den Bau und die Grenzen der Ganoiden und über das natürliche System der Fische" (1844). Die vergleichende Anatomie war ihm die „denkende Anatomie". Den Entwicklungsgedanken wagte jedoch Müller nicht zu denken, er lehrte die Unwandelbarkeit der Spezies und das paläontologische Dogma von den schubweise in die Welt gesetzten Schöpfungen. „Indem er den Verwandtschaften der Tiere nachging, hatte er nicht im Sinne, den Grund für einen künftigen Stammbaum des Tierreichs zu legen. Sondern im natürlichen System der Tiere, wie dessen Ideal ihm vorschwebte, forschte Müller mit voller Überzeugung dem allgemeinen

Plane nach, den die schaffende Macht von Anbeginn der organischen Welt bis in die menschlichen Tage der Jetztwelt verfolgt habe"[26]).

In England war vor allen Richard Owen (1804—1892) als vergleichender Anatom wie als Paläontologe tätig. Im Anschluß an die französischen Anatomen bemühte er sich, den Urtypus des tierischen Körpers zu finden. Er kommt zu dem Resultat, daß die Idee des Grundtypus in der Tierwelt unseres Planeten lange vor dem Dasein der sie jetzt erläuternden Tierarten in verschiedenen Modifikationen bereits offenbart worden war. Wichtig wurde seine scharfe Unterscheidung von Analogie und Homologie[27]). Beide Worte bedeuten ursprünglich Ähnlichkeit, Übereinstimmung in allen oder in besonderen Verhältnissen. Geoffroy St.-Hilaire hatte als „Analogie" die Übereinstimmung des Körperbaues bezeichnet, die in bestimmten Tiergruppen, oder, nach Geoffroys Meinung in allen Tieren vorhanden war, und die er charakterisierte als auf denselben Bau-Elementen in derselben Zahl und in derselben Verbindung beruhend. Owen verwendete dafür das Wort „Homologie". Homolog ist für ihn ein und derselbe Teil oder ein und dasselbe Organ in verschiedenen Tieren, mag es in Form und Funktion noch so sehr variieren; analog ein Organ oder ein Teil, welches dieselbe Funktion hat wie ein anderes Organ in einem anderen Tier. Homologie ist morphologische, Analogie physiologische Ähnlichkeit. Analog sind danach z. B. die Flügel der Schmetterlinge und Vögel, die der gleichen Funktion des Fluges dienen, anatomisch aber gar nicht miteinander vergleichbar sind; homolog sind die Greifhand des Menschen, der Grabfuß des Maulwurfs, das Rennbein des Pferdes, die Ruderflosse der Seeschildkröte und der Flügel der Fledermaus; sie sind sämtlich nach demselben Modell gebaut und enthalten gleiche Knochen in der gleichen Anordnung.

Ähnlich wie Meckel führte der französische Anatom H. Milne-Edwards (1800—1886), der Nachfolger Etienne Geoffroys, die vergleichende Anatomie auf zwei Prinzipien zurück, auf Mannigfaltigkeit der Formen und Sparsamkeit in den Mitteln. Der Fortschritt in der Ausbildung der Geschöpfe beruht nach ihm hauptsächlich auf Arbeits-

---

[26]) E. Du Bois-Reymond, Gedächtnisrede auf Johannes Müller. Abh. der Kgl. Akad. der Wissenschaften zu Berlin, 1859, S. 129, 130. Vgl. auch E. Haeckel, Der Kampf um den Entwicklungsgedanken, 1905, S. 23. — [27]) Lectures on vertebrata, 1846, S. 279; Report on the Archetype and Homologies of the Vertebrate Skeleton. Report 1846, S. 169 ff.

teilung: Funktionen, die bei unvollkommneren Organismen von einem einzigen Organ besorgt werden, sind bei höheren auf verschiedene Organe verteilt. Um fruchtbare Betrachtungen über die Bildung des Tierreichs anzustellen, hält er es für nötig, zuerst die Entstehung der Tiere zu untersuchen und sich zu bemühen, feste Vorstellungen vom Einfluß der Vererbung und der Konstanz oder Veränderlichkeit der Arten zu gewinnen[28]).

Ebenso nahe wie Milne-Edwards kam der Deutsche H. G. Bronn (1800—1862) dem Entwicklungsgedanken. In seinen „Morphologischen Studien über die Gestaltungsgesetze der Naturkörper überhaupt und der organischen insbesondere“ (1858) untersucht er die Frage, auf welchen gesetzlichen Bedingungen die Mannigfaltigkeit der Formen und die Ungleichheit ihrer Entwicklungshöhe beruhen und findet als solche: 1. einen von Grund aus verschiedenen Plan ihrer Körperform und Organenstellung; 2. gewisse allgemeine Entwicklungsgesetze, welche sich zu jedem der zwei organischen Reiche verhalten wie die individuellen Entwicklungsgesetze zum einzelnen Organismus, und welche in jeder neuen Verschiedenheit des Pflanzen- oder Tierplanes sich dem vorgefundenen Material in anderer Weise anfügen müssen; 3. die Anpassung der aus diesen zwei Quellen hervorgehenden Organisationen an die verschiedenen äußeren Existenz-Bedingungen, unter welchen die Organismen zu leben bestimmt sind; 4. das Streben der Natur nach Mannigfaltigkeit, demzufolge sie die von diesen drei Grundursachen notwendig bedingten Formen oft als eben so viele Themata in vielartigen untergeordneten Modifikationen variiert. Als „Grundgesetze“ der fortschreitenden Entwicklung der Organe im System zählt Bronn die folgenden auf: 1. Fortschreitende Differenzierung der Funktionen und der zu ihrer Vermittelung dienenden Organe; 2. Reduktion der Zahlen gleichnamiger Organe; 3. Konzentrierung der Funktionen und ihrer Organe auf bestimmte Teile des Körpers; 4. Zentralisierung eines jeden ganzen oder teilweisen Organsystems, so daß seine ganze Tätigkeit von einem Zentralorgan abhängig wird; 5. Internierung besonders der edelsten Organe, soweit sie nicht eben notwendig an der Oberfläche hervortreten müssen, um die Beziehungen des Tieres mit der Außenwelt zu unterhalten; 6. größere räumliche Ausdehnung im einzelnen und ganzen. Diesen Progressionsgesetzen liegt nach Bronn

[28]) H. Milne-Edwards, Das Verfahren der Natur bei Gestaltung des Tierreichs. Deutsch von H. G. Bronn, Stuttgart 1853.

die Tatsache zugrunde, „daß kein Organ bei Pflanzen oder Tieren sogleich schon in einiger Vollkommenheit auftritt, sondern jedes derselben sich vor unsern Augen gleichsam aus nichts entwickelt, als unscheinbarstes Rudiment, als verschwommene Andeutung beginnt und sich erst allmählich durch gewisse gesetzliche Veränderungen, die für alle die nämlichen sind, zu seiner Vollendung emporringt, wie wir sie in den obersten Kreisen beider Reiche wahrnehmen".

Bronn scheint an dieser wie an andern Stellen einer tatsächlichen Entwicklung das Wort zu reden; aber die „Entwicklung" ist bei ihm eine rein ideale, logische. „Keine Erfahrung", heißt es in seinen „Untersuchungen über die Entwicklungsgesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erdoberfläche" (1858), „keine Erfahrung spricht dafür, daß wirklich eine Art, eine Sippe, oder gar eine Ordnung und Klasse in eine andere übergehen könnte." Bronn glaubt vielmehr, daß alle Pflanzen- und Tierarten durch eine uns unbekannte Naturkraft ursprünglich geschaffen, nicht aber durch Umbildung aus einigen wenigen Urformen entstanden seien.

Ein Jahr nach dieser von autoritativer Seite abgegebenen Erklärung erschien Darwins Buch über „die Entstehung der Arten" (1859), in dem die Tatsachen der Morphologie durch die gemeinsame Abstammung verwandter Formen und ihre Modifikation durch Abänderung erklärt wurden; das „geheime Gesetz", das seit Buffon und Goethe hinter der „Einheit des Typus" gesucht worden war, offenbarte sich als das Entwicklungsgesetz, die Formenverwandtschaft als wirkliche Blutsverwandtschaft.

Von nun an wird die vergleichende Anatomie vollkommen von dem Entwicklungsgedanken beherrscht, geführt in Deutschland durch Gegenbaur und Haeckel, in England durch Thomas Huxley und Ray Lankester. Die Morphologie wurde zu einer historischen Wissenschaft[29]).

Haeckel und Gegenbaur.

Haeckel unternahm in seiner „Generellen Morphologie der Organismen" (1866) als erster den Versuch, „die gesamte Wissenschaft von den entwickelten und von den entstehenden Formen der Organismen durch mechanisch-kausale Begründung auf dieselbe feste Höhe des

---

29) Vgl. H. Braus, Die Morphologie als historische Wissenschaft. Experimentelle Beiträge zur Morphologie, Heft 1, 1906.

Monismus zu erheben, in welcher alle übrigen Naturwissenschaften seit längerer oder kürzerer Zeit ihr unerschütterliches Fundament gefunden haben". Die Grundlage für die Morphologie findet er in der durch Darwin reformierten Deszendenztheorie. Die „niedere Kunst der Morphographie" verwandelt sich für ihn erst dann in die erhabene Wissenschaft der Morphologie, wenn aus dem bunten Chaos der Gestalten sich die Gesetze ihrer Bildung entwickeln. Unter der Erkenntnis, daß sich der gemeinsame Bildungs-Typus durch Vererbung, der verschiedene Ausbildungsgrad der ähnlichen Organe durch Anpassung erklären lasse, gestaltet sich ihm die vergleichende Anatomie zu einer phylogenetischen Urkunde von höchstem Wert. Die deskriptiven Bezeichnungen „Homologie" und „Analogie" gewinnen unter seinen Händen eine genetische Bedeutung; Homologie ist die Folge der Vererbung von gemeinsamen Stammformen, Analogie die Wirkung der Anpassung an gleiche Lebensbedingungen. Homologie ist Homophylie, Abstammungs-Gleichheit. Ihren erdgeschichtlichen Wegen nachzugehen ist die eigentliche Aufgabe der vergleichenden Anatomie[30]).

Carl Gegenbaur (1826—1903) neigte schon im Anfang seiner wissenschaftlichen Tätigkeit dem Entwicklungsgedanken zu, wie seine Quaestio promovendi (1851) beweist; er behandelt darin die Veränderungen der Pflanzenwelt, leitet aus der Variabilität der Pflanzenarten die Möglichkeit einer Entwicklung des Pflanzenreiches ab, und postuliert den Entwicklungsgedanken auch für die Tiere[31]). Seine späteren großen Arbeiten zur vergleichenden Anatomie der Gliedmaßen und des Schädels der Wirbeltiere sind völlig von dem Entwicklungsgedanken beherrscht, ebenso seine zusammenfassenden Meisterwerke, die „Grundzüge der vergleichenden Anatomie" (2. Aufl. 1870) und die große „Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere" (1898—1901). Mit der Begründung der Deszendenztheorie beginnt für Gegenbaur eine neue Periode in der Geschichte der vergleichenden Anatomie. „Sie wird sogar, sagt er, einen bedeutenderen Wendepunkt bezeichnen, als irgend eine Theorie in dieser Wissenschaft vorher vermocht hat, denn sie greift tiefer als alle jene, und es gibt kaum einen Teil der Morphologie, der nicht aufs Innigste von ihr berührt wird" (1870, S. 19). In der Abhandlung über „die Stellung und Bedeutung der Morphologie", mit

---

[30]) Vgl. E. Haeckel, Über die Urkunden der Stammesgeschichte, 1876; Vorträge und Abhandlungen II, 2. A. 1902, S. 98; Systematische Phylogenie I, 1894, S. 9. — [31]) Vgl. Braus l. c.

der er 1875 sein „Morphologisches Jahrbuch" einleitete, erläutert er die hohen Gesichtspunkte, die ihn bei seinen anatomischen Forschungen führten, insbesondere die grundlegende Bedeutung der Vergleichung, die nicht nur den fertigen, sondern auch den werdenden Organismus in ihren Bereich zu ziehen habe. Die Anatomie schließe sich mit der Entwicklungsgeschichte, der ontogenetischen sowohl wie der paläontologischen, zu einem einheitlichen Ganzen zusammen, „eben der Morphologie, welche die Organisation in ihrem allmählichen Werden wie in ihrem vollendeten Zustand nach ihren formalen Beziehungen kennen lehrt, und in den Erscheinungsreihen das Walten gesetzmäßiger Vorgänge erkennt".

In seiner „Vergleichenden Anatomie der Wirbeltiere" (1898) legt Gegenbaur die Prinzipien der vergleichenden Anatomie dar, wie sie sich nach Einführung des Entwicklungsgedankens aus der Aufgabe derselben ergeben. Diese Aufgabe aber sei, zum Zwecke der Erkenntnis des Zusammenhangs der Organismenwelt den Veränderungen der Organisation nachzugehen und aus dem Veränderten, Umgewandelten das Gleichartige aufzuführen, wie tief es auch verborgen liege. Die Vergleichung ermittelt mannigfache Formenreihen von Organen, die sich in den verschiedenen Abteilungen der Tiere verschieden verhalten. Innerhalb jeder der letzteren zeigt sich an einem bestimmten Organ oder an einer Organgruppe eine Anzahl von Verschiedenheiten, die sich als Modifikation zu erkennen geben. Das Organ erscheint veränderlich. Die Prüfung der durch die Vergleichung erkannten Veränderung oder Modifikation eines im übrigen mit anderen übereinstimmenden Organs ergibt jeweils niedere und höhere Zustände, indem die ersteren von den letzteren ableitbar sind. So entsteht ein Bild des Zusammenhangs, welches uns die Verwandtschaft bezeugt, deren Grad sich nach der größeren oder geringeren Übereinstimmung der Organisation bemißt. Wie innerhalb der einzelnen Tierstämme die Organisation sich als eine zusammenhängende darstellt, so ergeben sich auch unter den Stämmen selbst mehr oder minder deutliche Verknüpfungen, und wir vermögen Organisationsreihen darzulegen, die mit einfachen, also niederen Zuständen beginnen und in mannigfaltig divergierende höhere Zustände überleiten. Die aus der Vergleichung ersichtlichen Zustände fassen wir in ihrer Zusammenordnung als Vorgänge oder Prozesse auf, durch die der eine Zustand aus dem andern oder einem ihm ähnlichen entstand. Die Vereinigung dieser Prozesse ergibt die Geschichte der Organe,

in der Summe von Organen jene der Organismen. Dies ist dann Stammesgeschichte oder Phylogenie. Indem die vergleichende Anatomie diese kennen lehrt, hat sie die Phylogenie zur Aufgabe und zum Ziel und läßt die tierische Organismenwelt in ihrem gesetzmäßigen Zusammenhang erkennen[32].

Diese Grundsätze beherrschen gegenwärtig die vergleichende Anatomie, soweit sie nicht bloß deskriptive „Beiträge" liefert, durchaus, wenn es auch nicht an Versuchen fehlt, sie wieder auf den Cuvierschen Standpunkt zurückzubringen[33]. Wie die vergleichende Anatomie eine Haupt-Urkunde der Phylogenie ist, so können ihre Tatsachen nur als Momente im kausal bedingten Flusse ewiger Formwandlung verstanden werden; ihre „allgemeinen Gesetze" finden ihre Erklärung nur in dem erleuchtenden Gedanken der Entwicklung.

---

[32]) C. Gegenbaur, Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere I, 1898, S. 21 und 2. — [33]) Neuere Handbücher der vergleichenden Anatomie, die ganz und gar auf dem Entwicklungsgedanken ruhen, sind u. a. die von Robert Wiedersheim (Vergleichende Anatomie der Wirbeltiere, 7. A. 1909), von Bütschli, Vorlesungen über vergl. Anatomie, sowie das Handbuch der Morphologie der wirbellosen Tiere von A. Lang und anderen.

14. Kapitel.

Die Elementar-Organismen.

In der zweiten Hälfte des siebzehnten Jahrhunderts hatte sich der Engländer Robert Hooke (1635—1673) damit beschäftigt, die verschiedensten Dinge unter dem von ihm konstruierten Mikroskop zu beobachten. So nahm er eines Tages ein Stück Kork und schnitt mit einem scharfen Messer ein Stück davon ab. Als er die glatte Oberfläche betrachtete, schien es ihm, sie sei ein wenig porös. Da schnitt er ein äußerst dünnes Stück davon ab und legte es unter das Mikroskop. „Nun konnte ich, schreibt er, ganz deutlich wahrnehmen, daß es ganz durchlöchert und porös war, ganz wie eine Honigwabe; nur daß die Löcher nicht regelmäßig waren. Diese Poren oder Zellen waren nicht sehr tief, aber zahlreich. Durch die Entdeckung dieser Zellen glaube ich den wahren Grund der Wesenseigentümlichkeit des Korkes klargemacht zu haben.“ Die Zahl der Zellen in einem Kubikzoll berechnete Hooke auf 1259712000[1]). „So erstaunlich merkwürdig sind die Werke der Natur, daß diese Poren, die die Ernährungsgefäße für den größten Körper zu sein scheinen, doch so außerordentlich klein sind, daß die Atome Epikurs wohl noch zu groß sein würden, um hier hineinzupassen, geschweige denn einen flüssigen Körper in ihnen zu bilden.“ Durch Prüfung mit dem Mikroskop fand Hooke, „daß das Mark des Hollunders oder fast jedes anderen Baumes, das innere Gewebe oder Mark der hohlen Stengel verschiedener anderer Pflanzen, wie von Fenchel, Karotte, Möhre, Klette, Kardendistel, Farnen, einigen Arten von Riedgräsern usw., meist eine ebensolche Art des Gewebes haben, nur daß hier die Poren der Länge nach oder mit der Länge des Halmes gleich gerichtet, während sie beim Kork quer gerichtet sind“[2]).

[1]) C. von Nägeli berechnete die Zahl der Zellen eines großen Lindenbaumes auf 2000 Billionen (Die Individualität in der Natur, 1856). — [2]) R. Hooke, Micrographia or some physiological descriptions of minute bodies made by magnifying glasses. London 1667.

Als die eigentlichen Begründer der Lehre vom zelligen Aufbau der Pflanzen werden Marcello Malpighi (1628—1694) und Nehemia Grew bezeichnet[3]). Jener unterschied in seiner „Anatome plantarum" (London 1675 und 1679) verschiedene Gewebeformen und nannte die elementaren Bestandteile des „parenchymatischen" Gewebes „utriculi", kleine Schläuche oder Bläschen. Grew verglich in seiner „Anatomy of plants" (1782) die Beschaffenheit des Pflanzenparenchyms mit Bierschaum.

Die Untersuchungen Malpighis und Grews wurden zunächst nicht fortgesetzt. Erst Caspar Friedrich Wolff (1733—1794) hielt es wieder der Mühe wert, sich genauer mit der Anatomie der Pflanzen zu beschäftigen. Er gründete sie auf die Ontogenie. Er nahm junge Blätter aus der Knospe und fand, daß sie aus lauter Bläschen (vesiculis) zusammengesetzt waren und weder Fasern noch Gefäße zeigten. Auch das Würzelchen des Embryos, sowie beliebige Teile der Pflanze im ersten Jugendzustande bestehen, wie er feststellt, entweder bloß aus Bläschen oder „aus einer klaren homogenen, glasigen Substanz, ohne eine Spur von Bläschen oder Gefäßen". Es ist, wie Paul Samassa sagt, interessant zu sehen, wie oft der von Wolff gebrauchte Ausdruck „cellula", „cellulosus" usw. mit unserem gegenwärtigen Zellbegriff übereinstimmt oder ihm nahekommt[4]). Die Teilchen, aus denen alle Tiere bei ihrer ersten Anlage zusammengesetzt sind, nennt Wolff „Kügelchen" (globuli).

Erst im Beginn des 19. Jahrhunderts nahmen sich die Botaniker selbst der Pflanzenanatomie an und förderten sie in raschem Vorwärtsdringen. L. C. Treviranus führte 1806 den Nachweis, daß die Gefäße der Pflanzen, die Hooke auch als „Zellen" angesprochen hatte, aus Zellen hervorgehen; er fand, daß die jungen Zellen sich in Reihen anordnen, worauf sich die aneinanderstoßenden Zellwände auflösen. Trotz dieser Feststellung zählte z. B. Meyen noch in seiner „Phytotomie" (1830) drei verschiedene „Elementarorgane" der Pflanzen auf: Zellen, Spiralröhren und Gefäße. Aber er unterläßt nicht, festzustellen: „So verschieden Zellen und Spiralfasern sind, und so sehr sich jene auf

---

[3]) Vgl. Hanstein, Die Begründung der Pflanzenanatomie durch Nehemia Grew und Marcello Malpighi, 1886. M. Malpighi, Die Anatomie der Pflanzen, bearb. von M. Möbius. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 120. — [4]) C. F. Wolff, Theoria generationis, 1759; deutsch von P. Samassa, I, 1896, Anm. 5 (S. 96).

der einen und diese auf der andern Seite selbständig herausbilden, so verschwinden doch alsbald die großen Verschiedenheiten, wenn die Zwischenbildungen und die Metamorphosen-Stufen dieser Organe betrachtet werden".

Die Zelle definiert Meyen als einen von einer vegetabilischen Membran umschlossenen Raum. Die Pflanzenzellen treten, wie er bemerkt, entweder einzeln auf, so daß eine jede Zelle ein eigenes Individuum bildet, wie bei Algen und Pilzen, oder sie sind in mehr oder weniger großen Massen zu einer höher organisierten Pflanze vereinigt. „Auch hier bildet jede Zelle ein für sich abgeschlossenes Ganzes; sie ernährt sich selbst, sie bildet sich selbst und verarbeitet den rohen Nahrungsstoff zu sehr verschiedenartigen Stoffen und Gebilden." In seinem „Neuen System der Pflanzenphysiologie", dessen erster Band im Jahre 1837 erschien, bezeichnet Meyen die Zellen als die „wesentlichen Elementarorgane" der Pflanzen, als die Organe der Assimilation und der Bildung; man müsse demnach die größte Aufmerksamkeit auf den Bau, die Bildung und den Inhalt der Zellen richten, „denn aus einem genaueren Studium dieser Gegenstände werden wir zuerst eine Vorstellung von dem Leben der Pflanze erhalten".

Inzwischen hatte Robert Brown (1773—1858) in den Staubfadenhaaren von Tradescantia und in anderen Objekten einen ständig vorkommenden Bestandteil der Zellen aufgefunden, den er „Areola" oder „Nucleus cellulae" nannte[5]). Meyen, Purkinje, Brongniart u. a. hatten ihn ebenfalls gelegentlich gesehen und abgebildet, ohne seine Bedeutung zu erkennen. Meyen vermutete (1837), daß er aus kondensiertem Schleim und Pflanzenleim bestehe und vielleicht eine Art von Reservenahrung darstelle.

Vielfach werden heute noch Matthias Schleiden (1804—1881) und Theodor Schwann (1810—1882) als die Begründer der Zellentheorie gepriesen; aber Schleiden fand diese in der Tat schon vor, als er im Jahre 1838 seine berühmten „Beiträge zur Phytogenesis" in Müllers „Archiv für Anatomie und Physiologie" veröffentlichte. Schleiden wollte in dieser Abhandlung nicht die Zellentheorie begründen, sondern die Frage beantworten, wie denn eigentlich dieser eigentümliche kleine Organismus der Zelle entstehe. Ebenso war schon vor Theodor Schwann, der vielfach als Begründer der Zellentheorie

[5]) R. Brown, On the organs and mode of fecundation in Orchideae and Asclepiadeae. Transactions of the Linnean Society, Vol. 16, 1833.

auf zoologischem Gebiete gilt, die tierische Zelle in ihrer fundamentalen Bedeutung erkannt worden. Schon 1824 war Dutrochet zu der Überzeugung gelangt, daß den so mannigfaltigen tierischen Geweben ebenso wie bei den Pflanzen dasselbe Elementarorgan, die Zelle, zugrunde liegen müsse[6]). Einige Jahre später fand Purkinje in den verschiedensten Drüsen, in der Milz, den Lymphdrüsen usw., kleine „Körnchen", d. h. Zellen, welche „einen von der Umgebung verschiedenen Kern enthalten". Diese „körnige" Grundform der Organisation bringt Purkinje in Vergleich mit den „Körnern" der Pflanzen, und er rät ausdrücklich zu einem strengeren Studium der Pflanzenphysiologie[7]).

Schleiden und Schwann haben jedoch das große Verdienst, daß sie den Zellkern in Zusammenhang mit der Entstehung der Zelle brachten und daß sie die Idee von der morphologischen Identität, der Homologie sämtlicher physiologisch so verschiedenen Zellensorten auf Grund der Identität ihrer Entstehung und Entwicklung begründeten[8]). Bis dahin war der Begriff der Zelle ein rein logischer, gewonnen durch generalisierende Abstraktion aus der Formähnlichkeit der verschiedenen Zellarten, deren Grund im übrigen in der schaffenden Tätigkeit des Schöpfers gesucht wurde. „Zellen, Fasern usw., sagt Schwann, waren nur naturhistorische (d. h. beschreibende) Begriffe, und man konnte aus der Entwicklungsweise einer Zellenart nicht auf die einer andern schließen." Schleiden und Schwann gaben dem Begriffe der Zelle eine genetische Bedeutung. „Man wußte zwar schon längst, daß alle Gewebe sich aus einer körnigen Masse bilden; allein, daß diese Körner in einer direkten Beziehung zu den späteren Elementarteilen stehen und in welcher, war nur von wenigen Elementarteilen bekannt, und bei diesen schien die Entwicklungsweise so verschieden, daß die Einheit darin nicht erkannt wurde und nicht erkannt werden konnte. Denn die Gleichheit des Entwicklungsprinzips liegt hauptsächlich in der gleichen Entstehung dieser Körner selbst, und diese war unbekannt"[9]). Schwann leitet seine epochemachenden „Mikroskopischen Untersuchungen" mit

[6]) Recherches sur la structure intime des animaux et des végétaux. Paris 1824. — [7]) Bericht über die Versammlung deutscher Naturforscher und Ärzte in Prag 1837. Prag 1838. — [8]) Vgl. hierzu wie zu dem ganzen Abschnitt M. Heidenhain, Plasma und Zelle. I. Abt. Allgemeine Anatomie der lebendigen Masse. 1907, S. 4 ff. — [9]) Th. Schwann, Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem Wachstum der Tiere und Pflanzen, 1838, Vorrede.

folgenden Worten ein: „So groß die Mannigfaltigkeit ist, welche die Pflanzen in ihrer äußeren Form darbieten, so einfach ist ihre innere Struktur. Dieser außerordentliche Reichtum von Gestalten wird nur hervorgebracht durch die verschiedene Aneinanderfügung einfacher Elementargebilde, die zwar verschiedene Modifikationen zeigen, aber wesentlich überall dasselbe sind, nämlich Zellen. Die ganze Klasse der zellulären Pflanzen besteht nur aus Zellen; manche derselben werden nur von aneinandergereihten, gleichartigen, oder selbst nur von einer Zelle gebildet. Die vaskulären Pflanzen bestehen im frühesten Zustande ebenfalls nur aus einfachen Zellen . . . An erwachsenen vaskulären Pflanzen ist die Struktur mannigfaltiger, so daß man noch vor kurzem als die Elementargewebe der Pflanzen Zellengewebe, Fasergewebe und Gefäße oder Spiralröhren unterschied. Allein die Untersuchungen über den Bau und besonders über die Entwicklungsgeschichte dieser Gewebe haben gezeigt, daß diese Fasern und Spiralröhren nur langgestreckte Zellen und die Spiralfasern nur spiralförmige Ablagerungen auf der inneren Fläche der Zellen sind. Auch die vaskulären Pflanzen bestehen also aus Zellen, die nur zum Teil eine weitere Entwicklung erfahren haben. — Die Tiere, wie sie überhaupt in ihrer äußeren Form noch weit mannigfaltiger sind als die Pflanzenwelt, zeigen auch eine weit mannigfaltigere Struktur in ihren einzelnen Geweben. Wie sehr unterscheidet sich ein Muskel von einem Nerven, dieser vom Zellgewebe, das mit dem Pflanzenzellgewebe nur den Namen gemein hat, oder vom elastischen Gewebe, Horngewebe usw. Gehen wir aber auf die Entwicklungsgeschichte dieser Gewebe zurück, so zeigt sich, daß alle diese mannigfaltigen Formen ebenfalls nur aus Zellen entstehen, und zwar aus Zellen, die durchaus den Pflanzenzellen analog sind und in ihren vegetativen Lebenserscheinungen zum Teil die merkwürdigste Übereinstimmung zeigen . . . Jede Zelle ist innerhalb einer gewissen Grenze ein Individuum, ein selbständiges Ganzes. Die Lebenserscheinungen einer Pflanzenzelle wiederholen sich ganz oder zum Teil in allen übrigen. Diese Individuen stehen aber nicht als bloßes Aggregat nebeneinander, sondern sie wirken auf eine uns unbekannte Weise in der Art zusammen, daß daraus ein harmonisches Ganzes entsteht“.

Schleiden und Schwann hatten die Zellentheorie auf eine vorher unbekannte Höhe gebracht; aber sie betrachteten die Zelle noch als ein „bläschenförmiges Gebilde mit Membran, Inhalt und Kern“. Die Membran war auch für sie noch der wesentlichste Teil der Zelle.

Dieser „Zellentheorie“ in der wirklichen Bedeutung des Begriffs „Zelle“ stellte Purkinje schon im Jahre 1840 eine „Körnchen-Theorie“ gegenüber, nach welcher Tiere und Pflanzen gleicherweise aus „Körnern“ hervorgehen sollten, die im Innern einen Kern haben. Bei den Pflanzen finde später eine Scheidung der festen und flüssigen Bestandteile statt und bilde sich so die Form der Zelle aus, während die tierischen Elementarbestandteile „auf dem embryonischen Zustande teils länger verweilen, teils durch das ganze Leben bestehen bleiben“[10]. Purkinje schuf auch den Namen „Protoplasma“, den er von der lebenden Materie jugendlicher Embryonen gebraucht, für die undifferenzierte embryonale Grundsubstanz. 1846 verwandte Hugo von Mohl diesen Namen für den lebenden Inhalt der Pflanzenzelle, den Schleiden 1838 als „Cytoblastem“ bezeichnet hatte; 1852 übertrug ihn Robert Remak auch auf die tierische Zelle[11]. Untersuchungen über die Entwicklung der Eizellen, sowie über die einzelligen Pflanzen und Tiere ließen allmählich erkennen, daß das Protoplasma nebst dem Kern, nicht aber die Membran die Hauptsache der Zelle sei, so daß endlich Max Schultze im Jahre 1861 definieren konnte: „Eine Zelle ist ein Klümpchen Protoplasma, in dessen Innern ein Kern liegt“. Diese Definition gilt auch heute noch fast allgemein. Heidenhain definiert 1907: „Unter einer Zelle versteht man ein (begrenzbares) Klümpchen lebendiger Materie, welchem in morphologischer und physiologischer Beziehung der Charakter eines elementaren Individuums zugeschrieben wird“[12].

Den entscheidenden Beweis, daß gewissen Zellen jede Spur einer Membran fehlt, und daß sie bloß aus einem Klümpchen halbflüssiger schleimartiger Zellsubstanz bestehen, welche einen Kern einschließt, lieferte 1862 Ernst Haeckel, indem er die amöbenartigen Blutzellen wirbelloser Tiere veranlaßte, feste Farbstoffkörnchen in ihr Inneres aufzunehmen[13]. Den Kern der Zelle betrachtete Haeckel als das Organ der Vererbung, das Zellplasma als das Organ der Anpassung[14].

Seit Schleiden und Schwann gilt die Zelle als der „Elementar-

---

[10]) Purkinje, Rezension der Schwannschen Schrift. Jahrbücher für wissenschaftliche Kritik, 1840, S. 33. — [11]) H. von Mohl, Über die Saftbewegung im Innern der Zelle. Botanische Zeitung, 1846. R. Remak, Über extracelluläre Entstehung tierischer Zellen und über die Vermehrung derselben durch Teilung. Müllers Archiv, 1852. — [12]) Max Schultze, Über Muskelkörperchen und das was man eine Zelle zu nennen habe. Müllers Archiv, 1861; M. Heidenhain, Plasma u. Zelle 1907, S. 25. — [13]) Haeckel, Monographie der Radiolarien, 1862, S 104. — [14]) Generelle Morphologie, I, 1866, S. 288.

Organismus" (Brücke 1862), als organische Individualität erster Ordnung (Haeckel 1866). Der ganze Pflanzen- oder Tier-Organismus ist eine organisierte Gesellschaft von Zellen, ein „Zellenstaat". Dieser politische Vergleich „ist kein entferntes Sinnbild, sondern beansprucht reale Geltung; die Zellen sind wirkliche Staatsbürger. Wie uns die vergleichende Staatswissenschaft in den gegenwärtig noch existierenden Staatenbildungen der Menschheit eine lange Reihe der aufsteigenden Vervollkommnung von den rohen Horden der Wilden bis zum höchst entwickelten Kulturstaat vorführt, so zeigt uns auch die vergleichende Anatomie der Tiere und Pflanzen eine lange Stufenleiter zunehmender Vervollkommnung im Zellenstaat. Da treffen wir unten, auf der tiefsten Stufe der Assoziation und Gemeindebildung der Zellen, die niederen Algen und Pilze, die Schwämme und Korallen, die mit ihrer geringen Arbeitsteilung und Zentralisation sich nicht über den Rang roher Wildenhorden erhoben haben. Hingegen finden wir oben auf der Höhe der Entwicklung die gewaltige Zellen-Republik des Baumes, die bewunderungswürdige Zellen-Monarchie des Wirbeltieres, in welcher die mannigfaltige Ausbildung und Arbeitsteilung der konstituierenden Zellen zur Entstehung der verschiedensten Organe Veranlassung gegeben hat, und in welcher die Koordination und Subordination der Stände, das Zusammenwirken für die Wohlfahrt des Ganzen, die Zentralisation der Regierung, mit einem Wort: die Organisation eine erstaunliche Höhe erreicht hat"[15]).

Die Zellenstaaten nehmen ontogenetisch ihren Ursprung aus einer einzelnen Zelle. Robert Remak begründete in seinen „Untersuchungen über die Entwicklung der Wirbeltiere" (1851) die Auffassung, daß das Ei der Tiere stets eine einfache Zelle sei. Durch fortwährende Teilung dieser Zelle und Differenzierung der Teilprodukte entsteht der kompliziert aufgebaute Körper eines Tieres ebenso wie derjenige einer Pflanze.

Haeckel lenkte als erster (1866) die Aufmerksamkeit darauf, daß es auch Organismen niedersten Ranges gibt, z. B. Bakterien, deren ganzer Körper noch nicht einmal den Wert einer Zelle besitzt, da er noch nicht in Zellkern und Zellleib differenziert ist. Er bezeichnete sie als „Cytoden", Zellenähnliche, und faßte sie mit den echten Zellen, die stets einen Kern besitzen, unter dem Namen der „Plastiden"

---

[15]) Haeckel, Über die Wellenzeugung der Lebensteilchen oder die Perigenesis der Plastidule, 1875. Vorträge und Abhandlungen II, 2. A., 1902, S. 45. Das Gleichnis vom „Zellenstaat" hat Virchow (1858) aufgebracht.

oder Bildnerinnen zusammen. „Diese Bildnerinen sind in der Tat die bildenden, plastischen Elemente, welche durch ihr Zusammenwirken die Formindividuen höherer Ordnung aufbauen und durch ihre Aggregation die Gewebe, die Organe etc. konstituieren“[16]).

Letzte Lebenseinheiten.

Rudolf Virchow hatte 1858 die Zelle als das „wirklich letzte einheitliche Form-Element aller lebendigen Erscheinung“ bezeichnet[17]). Das analytische Bestreben der Biologen blieb indessen nicht bei der Zelle stehen, sondern suchte nach weiteren Elementen, nach den „wirklich eigentlichen und letzten“ selbständigen Lebenseinheiten. Schon Turpin (1775—1840) sprach die Idee aus, daß die eigentlichen „Urindividuen“ der Pflanze die Kügelchen des Zellinhaltes seien, durch deren Aneinanderlegung die Zelle gebildet würde. Ebenso faßte Kützing (1807—1893) die Zelle nicht als Element der Pflanze auf, sondern als zusammengesetzt aus einfacheren Körpern, die er insgesamt als „Molekulargewebe“ bezeichnete[18]). Der Anatom Mayer in Bonn erklärte die kleinsten Körnchen des Zellinhalts auf Grund ihrer Molekularbewegung für tierisch-belebte Individuen (Biosphären), welche die Pflanze als ihre Wohnung aufbauen. Sehr poetisch sagt er von ihnen: „Den Hamadryaden gleich bewohnen diese sinnigen Monaden die geheimen Hallen ihrer Rindenpaläste, welche wir Pflanzen nennen, und feiern hier in stiller Zucht ihre Tänze und ihre Orgien“[19]).

Im Jahre 1862 erschien in den Sitzungsberichten der Wiener Akademie eine Abhandlung von Ernst Brücke über „die Elementar-Organismen“. Als solche bezeichnet Brücke die Zellen in demselben Sinn, wie wir die Körper, welche bis jetzt chemisch nicht zerlegt worden sind, Elemente nennen. Aber, fügt er hinzu, „so wenig die Unzerlegbarkeit dieser bewiesen ist, so wenig können wir die Möglichkeit in Abrede stellen, daß nicht vielleicht die Zellen selbst wiederum aus anderen, noch kleineren Organismen zusammengesetzt sind, welche zu ihnen in einem ähnlichen Verhältnis stehen, wie die Zellen zum Gesamtorganismus“.

---

[16]) E. Haeckel, Generelle Morphologie I, 1866, S. 269 ff. Einen „ontogenetischen Zellenstammbaum“ des Amphioxus, der für sämtliche Wirbeltiere gilt, hat Haeckel in seiner „Anthropogenie“, 6. A. 1910, S. 464 aufgestellt. — [17]) Zellular-Pathologie, 1858, S. 3. — [18]) Zitiert bei E. Haeckel, Generelle Morphologie, 1866, I, 249. Kützing in seinen „Grundzügen der philosophischen Botanik“, 1851. — [19]) Mayer, Supplement zur Lehre vom Kreislauf, 1837, S. 49.

Brücke verfolgte seinen Gedanken nicht ins einzelne. Dagegen entwickelte 1864 Herbert Spencer eine ausführliche Hypothese über letzte Lebenseinheiten, die er als „physiologische Einheiten“ zwischen die „chemischen Einheiten“ der organischen Moleküle und die „morphologischen Einheiten“ der Zellen stellte[20]). Es wäre, argumentiert Spencer, grundlos, anzunehmen, daß der Prozeß der Integration des Stoffes mit der Bildung jener komplizierten Kolloid-Substanzen aufhöre, welche die organische Materie charakterisieren. Viel wahrscheinlicher ist es, daß aus diesen komplizierten Kolloid-Molekülen durch eine noch weiter gehende Integration neue Einheiten sich bilden, die noch ungleichartiger und von noch mannigfaltigerer Art sind. Solche physiologische Einheiten anzunehmen zwingen uns mannigfaltige organische Erscheinungen, z. B. die Regeneration, ebenso, wie das allgemeine Entwicklungsgesetz. Wenn wir sehen, daß ein kleines Stück eines Blattes von Begonia sich zu einer jungen Begonia entwickeln kann, müssen wir schließen, daß die Pflanze aus speziellen Einheiten aufgebaut ist, in welchen das Vermögen schlummert, sich in die Form einer bestimmten Art umzugestalten, geradeso, wie in den Molekülen eines Salzes die Fähigkeit schlummert, nach einem bestimmten System zu kristallisieren. Die Fähigkeit eines Organismus, sich selbst wieder zu ergänzen, wenn einer seiner Teile abgeschnitten wurde, ist von derselben Art, wie die Fähigkeit eines verletzten Kristalls, sich selbst zu ergänzen. Und wenn wir hinsichtlich des Kristalls annehmen, daß das ganze Aggregat über seine Teile eine gewisse Kraft ausübe, welche die neu integrierten Moleküle zwinge, eine bestimmte Form anzunehmen, so müssen wir bei dem Organismus wohl eine analoge Kraft voraussetzen. Und nennt man die „Kraft“, welche anorganische Einheiten in eine bestimmte Form anordnen, Polarität, so dürfen wir, meint Spencer, dasselbe Wort wohl auch auf die analoge Kraft anwenden, welche bei den organischen Einheiten hervortritt. Dieses Wort ist jedoch, wie Spencer ausdrücklich hervorhebt, nichts weiter als ein Name für etwas, dessen Wesen wir nicht kennen, ein Name für eine hypothetische Eigenschaft, welche eben so sehr der Erklärung bedarf, als das, was sie erklären soll. Nur die wesentliche Übereinstimmung mit den

---

[20]) Prinzipien der Biologie, 1864; deutsch von B. Vetter, 1876, §§ 65, 84 und 97. Über diese sowie die folgenden Hypothesen vgl. A. Stöhr, Letzte Lebenseinheiten, 1897, sowie J. Wiesner, Die Elementarstruktur und das Wachstum der lebenden Substanz. Wien 1892.

physikalisch-chemischen Kräften der anorganischen Natur soll damit ausgedrückt werden. Die Keimzellen sind nach Spencers Anschauung nichts anderes als die Vehikel, welche kleine Gruppen physiologischer Einheiten in geeignetem Zustand enthalten, um ihrer Neigung zu der ihrer Species entsprechenden Strukturanordnung zu folgen. Mit dieser Annahme wird die Vererbung zu einer „selbstverständlichen Tatsache"; sie kommt in vollständigen Einklang mit den Tatsachen der Regeneration, mit der Erscheinung, daß bei sehr vielen niederen Organismen verloren gegangene Teile wieder ersetzt werden, und daß bei noch einfacheren Organismen ein Bruchstück sich zu einem Ganzen ausbilden kann.

Wenn wir uns, so meditiert Spencer weiter, erinnern, daß die Kraft, welche die Erde in ihrer Bahn erhält, nichts anderes ist als die Gravitation jedes Teilchens der Erdkugel gegen jede einzelne Gruppe von Teilchen, die 21 Millionen Meilen entfernt vorhanden sind, so können wir vernünftigerweise auch nicht daran zweifeln, daß jede Einheit in einem Organismus durch ihre polaren Kräfte auf alle anderen Einheiten einwirkt und von ihnen Rückwirkungen erfährt. Wenn wir ferner erfahren, daß die molekulare Beschaffenheit von Glas durch Licht verändert werden kann, und daß die Moleküle von so starren Stoffen, wie die Metalle es sind, durch im Dunkeln von benachbarten Gegenständen auf sie ausgestrahlte Kräfte eine andere Anordnung erfahren, so sehen wir uns auch zu dem Schluß genötigt, daß die außerordentlich unbeständigen Einheiten, aus denen die Organismen sich aufbauen, in geradezu transzendentalem Grade gegen alle Kräfte empfindlich sein müssen, welche die aus ihnen zusammengesetzten Organismen durchströmen; daß sie unaufhörlich bestrebt sein müssen, nicht allein ihre relativen Lagen, sondern auch ihre molekulare Struktur von neuem mit diesen Kräften ins Gleichgewicht zu bringen. Sofern nun Aggregate derselben Spezies verschiedenen Bedingungen ausgesetzt sind und demzufolge auf die sie zusammensetzenden Einheiten zurückwirken, so müssen auch diese zusammensetzenden Einheiten einigermaßen verschiedenartig werden. Vereinigen sich nun Gruppen von Einheiten, die von zwei verschiedenartigen Individuen abstammen, so wird die daraus entstehende Gruppe unbeständiger sein, als jede einzelne vor ihrer Vereinigung war. Die vereinigten Einheiten werden weniger in Stande sein, den abändernden Kräften Widerstand zu leisten, und dadurch ist ihnen die Fähigkeit zur weiteren Ausbildung, die sie infolge Herstel-

lung des Gleichgewichts mit jenen Kräften, durch Anpassung also, verloren hatten, wieder zurückgegeben. Damit ist auch die Variation, neben Vererbung die andere Richtkraft der organischen Entwicklung, auf mechanische Prinzipien zurückgeführt.

Dies die bewunderungswürdige Theorie Spencers. Nach ihm sind zahlreiche andere Forscher ebenfalls zu der Überzeugung gekommen, daß die Zelle nicht die letzte Lebenseinheit sei. Darwin erklärte, jedes lebende Wesen müsse als ein Mikrokosmos betrachtet werden, als ein kleines Universum, das aus einer Menge sich selbst fortpflanzender Organismen gebildet wird, welche unbegreiflich klein und so zahlreich sind, wie die Sterne am Himmel. Er nennt diese kleinsten Organismen „Keimchen", Gemmulae[21]).

Haeckel hält die Plasma-Moleküle, die er nach dem Vorgang von Elsberg Plastidule nennt, für die letzten Lebenseinheiten. Sie besitzen nach seiner Anschauung außer den allgemeinen physikalischen Eigenschaften, welche die Physik und Chemie den Molekülen der Materie überhaupt zuschreibt, noch die Eigenschaften des Lebens, vor allem die Fähigkeit der Reproduktion oder des Gedächtnisses. Das Wachstum erfolgt durch die Bildung neuer Plastidule zwischen den vorhandenen. Die Fortpflanzung ist Wachstum des Individuums über sein individuelles Maß hinaus und daraus folgende Trennung der Plastidule, deren Kohäsion nicht mehr ausreicht, um die ganze Masse zusammenzuhalten. Vererbung ist Übertragung der individuellen Plastidul-Bewegung von der Mutter- auf die Tochter-Zelle, Anpassung oder Variation ist Abänderung der Plastidul-Bewegung. Die Abänderungen der Plastidule sind durch Umlagerungen ihrer Atome bedingt. Auf diesen Abänderungen beruht die Differenzierung der Zellen[22]).

Der Botaniker Carl von Nägeli (1817—1891) nennt die letzten Einheiten der lebenden Materie Micelle[23]). Diese sind kristallinische

[21]) Darwin, Provisorische Hypothese der Pangenesis. Das Variieren der Tiere und Pflanzen, 1868, deutsch von J. V. Carus, 2. A. 1899, Kap. 27. — [22]) Haeckel, Die Wellenzeugung der Lebensteilchen oder die Perigenesis der Plastidule, 1875. Vorträge und Abhandlungen, II. Band, 2. A. 1902; L. Elsberg, Regeneration, or the preservation of organic molecules; a contribution to the doctrine of evolution. Proceedings of the Association for advancement of Science. Hartford Meeting 1874; Derselbe, On the plastidule-hypothesis. Ebenda, Buffalo Meeting 1876. — [23]) Seine Micellar-Theorie hat Nägeli zuerst in einem Buch über die Stärkekörner (Zürich 1858) veröffentlicht, später in seiner „Mechanisch-physiologischen Theorie der Abstammungslehre" (1884).

Zusammenhäufungen verschiedenartiger Moleküle, die verschiedene Gestalt und Größe besitzen, in verschiedener Weise zusammengesetzt und von Wasserhüllen umgeben sind. Sie setzen das „Idioplasma" zusammen, das Anlageplasma der Keimzelle. Dieses wächst mit der Entwicklung des Keims, dessen Wesensart durch dasselbe bestimmt wird, und ist in einer bestimmten Entwicklungsperiode kontuinierlich durch alle Teile des Organismus verbreitet. Die Hypothese von der kristallinischen Natur der Micelle stützt Nägeli auf die Erscheinungen der Doppelbrechung, welche viele organische Körper im polarisierten Lichte darbieten, so die Zellulosemembran, die Stärke, die Muskelsubstanz, auch das Protoplasma selbst.

Auch Altmann[24]) hielt seine letzten Lebenseinheiten, Granula oder „Bioblasten", für Kristalle. „In denjenigen biologischen Fragen, sagt er, welchen wir ratlos gegenüberstehen, pflegt es uns eine Zuflucht zu sein, daß schließlich doch organisierte Dinge nicht anderen Regeln unterliegen können als die nicht organisierten. Es ist das eine Forderung unseres Verstandes, die wir nicht abweisen können, und die wir beibehalten müssen, so weit auch oft scheinbar der Zwischenraum ist, der diese beiden Welten voneinander trennt. Nun finden wir aber, daß es in der nicht organisierten Welt ebenfalls eine morphologische Einheit gibt, das ist der Kristall. Sollte der Bioblast vielleicht auch ein Kristall sein? Es wäre eigentlich merkwürdig, wenn dem nicht so wäre, denn die Natur hat kein doppeltes Gesicht, und es gibt nur ein Gesetz, das alles beherrscht, das Lebende und das Tote."

Die Zelle ist nach Altmanns Auffassung eine Kolonie elementarer Lebewesen vom Range niedrig organisierter freilebender Mikroorganismen (Bakterien, Autoblasten). Diese elementaren Lebewesen treten im mikroskopischen Bilde meist als kleine Kügelchen oder „Granula" auf, denen die Fähigkeit der Assimilation, des Wachstums und der Selbstteilung zukommt. Die phylogenetische Entwicklung, die mit Autoblasten beginnt, geht von da zu der Form der Zoogloea, Mikrokokken-Kolonien, unter denen nach Altmann auch solche vorkommen, die bereits als lockere Verbände höherer Ordnung anzusehen sind.

Heidenhain hat 1909 die Granulatheorie in seiner Protomerentheorie wieder aufgenommen und weitergebildet[25]). Seine „Protomeren" besitzen in ihrer Eigenschaft als Teilkörper niederster Ordnung

---

[24]) Elementarorganismen, 1890. 2. A. 1892. — [25]) M. Heidenhain, Protoplasma und Zelle I, 1909.

das Vermögen des Stoffwechsels, der Massenzunahme und der Selbstteilung. Höhere Funktionen, vor allem Kontraktilität, Reizleitung, Sekretion, Resorption und spezifisches Wachstum resultieren erst aus der Zusammenordnung der Protomeren, aus der Achitektonik des Plasmas.

Die Ansicht Altmanns, daß die Bioblasten vielleicht Kristalle seien, hat nichts Verblüffendes mehr, seitdem Otto Lehmann die „neue Welt der flüssigen Kristalle" entdeckt hat, die in ihrem Verhalten so auffallende Analogien mit einfachsten Lebewesen zeigen, daß der vorsichtige Ausdruck: „scheinbar" lebende Kristalle uns zu wenig zu sagen scheint. Mit Recht behauptet Haeckel, daß durch die unbefangene Vergleichung der flüssigen Kristalle mit niedersten Lebewesen die traditionelle künstliche Scheidewand zwischen anorganischer und organischer Natur endgültig aufgehoben werde[26].

Letzte Lebenseinheiten nehmen auch De Vries in seinen „Pangenen" (1889), Weismann in seinen „Biophoren" (1892), Wiesner in seinen „Plasomen" (1892) und andere unter noch anderen Namen an. Weismann läßt die Biophoren zu höheren Einheiten zusammentreten, den „Determinanten", die wiederum zu noch höheren Systemen verbunden sind, den „Iden", wie diese zu „Idanten". Ide und Idanten glaubt Weismann mit den einfachen und zusammengesetzten „Chromosomen" des Zellkerns identifizieren zu können[27].

Der Kern der Zelle läßt nämlich in seinem Innern ein „Fadengerüst" oder Netzwerk (Reticulum) erkennen, dem Flemming den Namen Chromatin gegeben hat, weil es bestimmte Farbstoffe leicht aufnimmt. Bei der Zellteilung löst sich das Chromatingerüst in einzelne Stücke von bestimmter Gestalt und Größe, Chromosomen, auf. In jeder Zelle einer bestimmten Tier- oder Pflanzenart tritt konstant eine bestimmte Zahl von Chromosomen auf, in den Zellen des menschlichen Leibes z. B. sind es 24. Die Theorie von der Individualität der Chromosomen (Rabl 1885, Boveri 1889), die sich auf das Zahlengesetz der Chromosomen stützt, nimmt an, daß die Chromosomen auch nach ihrer Vereinigung zu einem „Fadengerüst" in ihrer Individualität

[26]) Vgl. O. Lehmann, Flüssige Kristalle, 1904; Flüssige Kristalle und die Theorie des Lebens, 1906; Die neue Welt der flüssigen Kristalle und deren Bedeutung für Physik, Chemie, Technik und Biologie, 1911. Dazu E. Haeckel, Kristallseelen. Studien über das anorganische Leben, 1917. — [27]) A. Weismann, Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. 1892. Vgl. auch E. Gaupp, August Weismann, 1917.

erhalten bleiben. „Unter Umständen verraten es ruhende (d. h. nicht in Teilung befindliche) Kerne, wenn sie gereizt werden, daß die Individualität ihrer Chromosomen fortbesteht"[28]). M. Hartmann hält die aus „Chromosomen" bestehenden Kerne für eine Versammlung von Einzelkernen, wie sie bei einfachen Amöben vorkommen, und unterscheidet demgemäß „monoenergide und polyenergide Kerne"[29]).

Aber auch die Chromosomen bestehen wahrscheinlich noch aus untergeordneten Einheiten, den „Chromiolen", die sich, wie man annimmt, durch Einschnürung vermehren, wenn sie durch Wachstum eine bestimmte Größe erreicht haben[30]). Manche Forscher identifizieren die Chromosomen (oder die Chromiolen) mit Bakterien, und halten demgemäß den Kern der Zelle für eine Bakterienkolonie. Eine Stütze für diese Ansicht kann in dem Nachweis gefunden werden, daß manche Bakterien nur aus Kernsubstanz bestehen[31]); vielleicht ist das Protoplasma des Zelleibes ursprünglich eine Abscheidung der zu einer Kolonie vereinigten „Chromiolen".

Mit dem — vorläufig noch umstrittenen — Nachweis wirklich letzter Lebenseinheiten ist die analysierende Aufgabe der Morphologie zu Ende und die der Biochemie beginnt.

---

[28]) E. Strasburger, Die stofflichen Grundlagen der Vererbung, 1905. Vgl. Th. Boveri, Ergebnisse über die Konstitution der chromatischen Substanz des Zellkerns, 1904; M. Heidenhain, Plasma und Zelle I, 1909, S. 169. — [29]) M. Hartmann, Die Konstitution der Protistenkerne, 1911. — [30]) O. Hertwig, Allgemeine Biologie, 4. A. 1912, S. 58. — [31]) Vgl. V. Ružička Depressionszustände und Regulationsvorgänge bei Bacterium anthracis. Archiv für Protistenkunde X, 1907, S. 249. Strasburger (s. Anm. 28) deutet den Vergleich der „Pangene" (Chromiolen) mit Bakterien an, S. 66 f.

15. Kapitel.

Paläontologie.

Die Lebewesen der geologischen Vorzeit.

In unserem geogenetischen Kapitel waren wir mehrfach genötigt, von den „Versteinerungen", den versteinerten Resten ehemaliger Organismen zu sprechen, die in den Schichten der Erdrinde zu finden sind und eine Bestimmung des relativen Alters derselben ermöglichen.

Die Natur dieser Versteinerungen ist, von vereinzelten Angaben griechischer Schriftsteller abgesehen, erst sehr spät erkannt worden[1]). Im Mittelalter und noch bis tief in die Neuzeit hinein hielt man sie für Steine besonderer Art (lapides sui generis), für Naturspiele (lusus naturae), hervorgebracht von einer plastischen Kraft, einer vis plastica oder virtus formativa, oder für Modell-Arbeiten des Schöpfers, in denen sich dieser geübt habe, bevor er die lebenden Arten bildete. Noch andere dachten an eine Samenluft (aura seminalis), die aus dem Meere aufsteige und, in die Erde gelangt, dort organismenähnliche Gebilde erzeuge. Die Wege des menschlichen Denkens sind wunderbar, und selten wird die einfache Wahrheit ohne weiteres erkannt.

Albertus Magnus (1193—1280) erörtert die Möglichkeit, daß Pflanzen und Tiere an solchen Orten zu Stein erhärten könnten, wo eine steinmachende Kraft (vis lapidifica) vorhanden sei. Georg Agricola (1449—1555) vermutet, daß Blätter und Holz, Knochen und ganze Fische durch einen steinmachenden Saft (Succus lapidescens), den das Wasser

---

[1]) Vgl. zum Folgenden im allgemeinen: K. von Zittel, Geschichte der Geologie und Paläontologie. 1899. O. Abel, Paläontologie. Kultur der Gegenwart. Abstammungslehre. 1914. C. C. Marsh, Geschichte und Methode der paläontologischen Entdeckungen. Kosmos 3. Jahrg. 6. Bd. 1870—80, S. 339 und 425. Von älteren Werken: Ch. Lyell, Prinzipien der Geologie Bd. I, 1830, deutsch von C. Hartmann, 1841. Walch, Die Naturgeschichte der Versteinerungen, Nürnberg 1773, Bd. I, Kap. 10: Die Geschichte der Versteinerungskunde.

mit sich führe, in Stein verwandelt werden könnten. Konrad Gesner (1516—1565), der 1565 das erste illustrierte Buch „De verum fossilium, lapidum, gemmarum maxime figuris et similitudinibus“ herausgab, machte den ersten Versuch, versteinerte Stämme nach der Ähnlichkeit mit den jetzt vorhandenen als Tannen-, Erlen-, Buchen-, Eichenholz zu benennen. Aber auch für ihn war es noch unmöglich, die „Fossilien“ ihrer Herkunft nach zu unterscheiden; organische Versteinerungen, mineralogische Gebilde, prähistorische Steinwerkzeuge gelten ihm wie noch Späteren als von gleicher Art. Martin Lister (1638—1711) machte die treffende Beobachtung, daß die in verschiedenen Gesteinen enthaltenen fossilen Muscheln und Schnecken voneinander verschieden sind; aber daß sie von ehemals lebenden Tieren herrühren könnten, bestritt er ganz entschieden, sie seien vielmehr Erzeugnisse der Gesteine selbst, die die Fähigkeit hätten, verschiedenartige Gebilde hervorzubringen. Noch 1696 erklärte das gesamte medizinische Kollegium in Gotha fossile Elefantenknochen für mineralische Gebilde aus Mergel und Bolus.

Demgegenüber hatten bereits Leonardo da Vinci (1452—1519), Alessandro degli Alessandri (1461—1523) und Hieronymus Fracastoro (1483—1553) die richtige Ansicht gewonnen, daß die versteinerten Muscheln wirklich ehemals zu lebenden Tieren gehörten, die den jetzt lebenden ähnlich gewesen seien. Der französische Glasmaler und Kunsttöpfer Bernard Palissy (1499 oder 1510—1589) erbot sich, die Abstammung der Fossilien von Meerestieren in öffentlicher Disputation zu verteidigen[2]) und wurde wegen Ketzerei in die Bastille gebracht. Der Italiener Fabio Colonna (1567—1647) unterschied zwischen Süßwasser- und Seewasserresten, der Däne Nicolaus Steno (1631—1686) verglich fossile Haifischzähne mit rezenten; die Engländer Hooke, Ray und Woodward, die Deutschen Leibniz, Büttner, Mylius, der Schweizer Scheuchzer bemühten sich gegen Ende des 17. und im Anfang des 18. Jahrhunderts die wahre Natur der Versteinerungen zur Anerkennung zu bringen.

Die Erkenntnis ihrer erdgeschichtlichen Bedeutung wurde indessen lange Zeit hindurch verhindert durch die von der Kirche unterstützte Hypothese, daß die Versteinerungen die Überreste der bei der Sündflut zugrunde gegangenen Pflanzen und Tiere seien. Diese Hypothese, zuerst

---

[2]) Discours admirables de la nature des eaux et fontaines, Paris 1580.

von Alessandro degli Alessandri ausgesprochen, beherrschte die Paläontologie bis über die Mitte des 18. Jahrhunderts hinaus und verhinderte zunächst alle weitere Untersuchung. Erst Johann Jakob Scheuchzer begann seine Zeitgenossen für die Versteinerungen zu interessieren; sein „Herbarium diluvianum" (1709) war für die Paläontologie epochemachend. Scheuchzer macht darin auch zum erstenmal den Versuch einer chronologischen Anordnung der Pflanzen, indem er sie in antediluvianae, diluvianae und postdiluvianae einteilte, und er fand es merkwürdig, daß sich unter den Pflanzen der ersten beiden Klassen vorzugsweise Farnkräuter finden.

Unmittelbar nach Scheuchzers Auftreten sehen wir in allen Gegenden Naturforscher eifrig bemüht, die bis dahin meist unbeachteten Versteinerungen ans Licht zu ziehen und in eigenen Schriften zu beschreiben. Unter diesen ragt besonders Anton Volkmanns „Silesia subterranea" oder Schlesien mit seinen unterirdischen Schätzen, Seltenheiten usw. hervor (1720). Volkmann vergleicht die von ihm abgebildeten und beschriebenen Pflanzen mit einheimischen, andere mit tropischen, ja für einige scheint er mit Sicherheit kein Original unter den Pflanzen der Gegenwart auffinden zu können, „weil sie ihrem spezifischen Charakter nach unbekannt, durch große Fluten aus fremden Ländern hergespült, vieleicht nicht nur degeneriert, sondern ganz und gar verloren gegangen seien". Damit war ein anderes erkenntnishinderndes Dogma angezweifelt und die Bahn zu weiteren Forschungen geöffnet, das Dogma nämlich, daß die fossilen organischen Körper Überbleibsel derselben Gattungen und Arten seien, wie sie noch zu unseren Zeiten die Erde bevölkern. In fernen Weltgegenden, in den unerforschten Tiefen der Ozeane hoffte man die Originalien zu den Versteinerungen zu entdecken, deren Nachweisung bis dahin noch nicht geglückt war. Der entwicklungsgeschichtlich denkende Buffon zuerst sprach bestimmt die Erkenntnis aus, daß von vielen fossilen Arten keine lebenden Originale mehr zu finden seien; diese Arten müßten demnach verloren und zerstört sein, wahrscheinlich durch das Kaltwerden der Erde[3]).

In seinem „Handbuch der Naturgeschichte" (1780) begründete Johann Friedrich Blumenbach die Meinung, daß schon einmal nicht bloß eine oder die andere Gattung, sondern eine ganze praeadamitische Schöpfung auf unserer Erde untergegangen sei, daß daher

---

[3]) Epochen der Natur, 1778. Deutsch St. Petersburg, 1781.

in den Versteinerungen eine völlig entschwundene Schöpfung ruhe; der einzige, aber dafür desto wichtigere Nutzen der Petrefaktenkunde liege darin, daß sie uns Aufschluß gäbe über die Geschichte der Veränderungen der Erdoberfläche[4]). Gottlob Abraham Werner, der seit 1780 an der Bergakademie in Freiberg „Gebirgskunde oder Geognosie" vortrug, machte die Bemerkung, daß die Versteinerungen der ältesten Gebirgsarten von irgend welchen Arten der Gegenwart sehr verschieden sind, und daß, je neuer die Formation, desto mehr die Überreste in ihrer Gestalt den organischen Wesen der gegenwärtigen Schöpfung sich näherten.

Während Blumenbach die Beweise zu seinen Behauptungen vorzugsweise dem Tierreich entlehnte, zog Friedrich von Schlotheim (1764—1832) auch das Pflanzenreich in den Kreis dieser Untersuchungen. In seinen „Beiträgen zur Flora der Vorwelt" (Beschreibung merkwürdiger Kräuterabdrücke und Pflanzenversteinerungen, 1804), gelangte er nach sorgfältiger Vergleichung der von ihm besonders studierten fossilen Farne mit den bekannten lebenden Arten zu dem Ergebnis, daß die versteinerten Farne trotz großer Ähnlichkeit mit ostindischen und amerikanischen Farnen doch wesentlich verschieden sind und deshalb wahrscheinlich als untergegangene Gattungen und Arten betrachtet werden müssen. Da Gleiches auch für die übrigen Pflanzen aus der Steinkohlenformation gelte, so liege der Gedanke nahe, daß es sich hier wirklich um eine erloschene Flora der Vorwelt handle; daß sie die Überreste einer früheren „präadamitischen" Schöpfung sein könnten, deren Originale sich jetzt nicht mehr auffinden lassen. Ja, Schlotheim spricht auch die Vermutung aus, daß die Arten zum Teil nach so vielen Jahrtausenden so ausgeartet seien, „daß es uns schwer fällt, mehrere der jetzt vorhandenen Geschöpfe für die Nachkommen jener fossilen Stammväter zu halten". Hier finden wir die erste schüchterne Andeutung des Entwicklungsgedankens in der Paläontologie bei einem deutschen Forscher. In Frankreich hatte Lamarck, der Begründer der Paläontologie der niederen Tiere, schon 1801 im Anfang zu seinem „System der Wirbellosen" auf die Bedeutung fossiler Muscheln und Schnecken hingewiesen. Ganz irrig sei die Anschauung, weil man heute die lebenden Analoga nicht mehr finde, könne ein Entwicklungs-Zusammenhang nicht bestehen. Die Verschie-

[4]) Handbuch II, §§ 222, 225, 248. Über Werner vgl. C. O. Marsh (Anm. 1), S. 350.

denheit der Umstände bewirke für die lebenden Wesen eine Verschiedenheit in den Gewohnheiten, die veränderte Lebensweise aber Abänderungen in der Gestalt ihrer Teile. Wunderbar sei also nur, daß man auch heute noch große Ähnlichkeit der fossilen und lebenden Tiere vorfinde, anstatt, angesichts der ungeheuren verflossenen Zeit, unüberbrückbare Lücken[5]).

Von der naturphilosophischen Seite her war Heinrich Steffens dem paläontologischen Entwicklungsgedanken nahe gekommen. In seinen „Beiträgen zur inneren Naturgeschichte der Erde" (1801), dem Herrn Geheimderat von Goethe gewidmet, stellt er fest: In den ältesten Gebirgen finden wir die Versteinerungen von der niedersten Tierstufe; allmählich treten in den jüngeren Gebirgen die Überreste der höheren hervor, und nur in den jüngsten finden wir die Überreste der Säugetiere. „Also: dieselben Stufen der Animalisation, die jetzt alle auf einmal da sind, sehen wir die Natur von dem ersten Punkt der Entstehung der Animalisation überhaupt wirklich allmählich durchlaufen, bis der Mensch das Werk krönt und vollendet." Daß auf der vegetativen Reihe die Stufen nicht so deutlich zu verfolgen seien, hält Steffens für begreiflich, da ja auch in der bestehenden Vegetation eine solche Stufenreihe noch nicht erkennbar sei.

Cuvier und Goethe.

Die notwendige Vorbedingung für die fruchtbare Vergleichung der fossilen Organismenreste, insbesondere der fossilen Wirbeltiere, wurde erst durch die Begründung einer vergleichenden Anatomie geschaffen; sie erfolgte durch Goethe und Georg Cuvier (1769—1832). Als bedeutsame Verallgemeinerungen ihrer Erkenntnisse fand Goethe sein Gesetz der Spezifität jedes einzelnen Teiles eines organischen Ganzen, Cuvier sein Gesetz der Korrelation. Jenes gegenständlich ausgesprochen in einem Brief an Knebel (1784): „Die Übereinstimmung des Ganzen macht ein jedes Geschöpf zu dem, was es ist, und der Mensch ist Mensch so gut durch die Gestalt und Natur seiner oberen Kinnlade als durch Gestalt und Natur des letzten Gliedes seiner kleinen Zehe Mensch." Das Gesetz der Korrelation, im Grunde identisch mit dem der Spezifität, von Cuvier in die Formel gebracht: „Jedes Lebewesen

[5]) Vgl. F. Kühner, Lamarck. 1913, S. 79f. A. S. Packard, Lamarck. London 1901, Kap. 9, S. 124: „Lamarck the Founder of Invertebrate Palaeontology.

bildet ein Ganzes, ein einheitliches und geschlossenes System, in welchem alle Teile einander gegenseitig entsprechen und zu derselben bestimmten Tätigkeit durch wechselseitige Gegenwirkung beitragen. Keiner dieser Teile kann sich verändern, ohne daß sich auch die übrigen verändern, und folglich bezeichnet und gibt jeder Teil für sich genommen alle übrigen"[6]). Jeder, fügt Cuvier veranschaulichend hinzu, „der auch nur die Fußtapfe eines gespaltenen Hufes sieht, kann daraus schließen, daß das Tier, welches diesen Eindruck machte, wiederkäut, und dieser Schluß ist ebenso sicher als irgend ein anderer in der Naturlehre oder in der Moral. Dieser einzige Fußtritt gibt also dem Beobachter zugleich sowohl die Form der Zähne, der Kinnladen, als auch die Form der Wirbel, die aller Knochen der Beine, der Schenkel, der Schultern und des Beckens von dem vorübergegangenen Tiere", freilich nur dem erfahrenen Beobachter, der die Korrelation der Teile durch vielfach wiederholte Induktion erfahrungsmäßig erkannt hat. „Wenn man die Beobachtung zu Hülfe nimmt, wo uns die Theorie verläßt, so gelangt man zu einer erstaunlichen Erkenntnis des einzelnen. Die kleinste Knochenfläche, die geringste Apophyse hat einen bestimmten Charakter in bezug auf die Klasse, auf die Ordnung, die Gattung und Art, der sie angehört, und dieses geht so weit, daß man, mit der erforderlichen Geschicklichkeit und mit etwas gewandtem Zuhilfekommen durch Analogie und wirkliche Vergleichung, aus jedem wohlerhaltenen Endstück eines Knochens ebenso sicher alle übrigen Teile bestimmen kann, als wenn man das Tier selbst vor sich hätte." An der Hand des Korrelations-Gesetzes war es Cuvier möglich, aus fossilen Bruchstücken das ganze Tier zu bestimmen und einigermaßen zu rekonstruieren.

Cuviers „Recherches sur les ossements fossiles" (1812) legten den Grund zur wissenschaftlichen Paläontologie der Wirbeltiere. Er stellte fest, daß die fossilen Knochen in Ablagerungen von verschiedenem Alter vorkommen, daß geologisch die Fische und Amphibien (mit Einschluß der Reptilien) den Säugetieren vorausgingen; aber eine Abstammung der jüngeren von den älteren Formen bestritt Cuvier ganz entschieden, die Art war für ihn unveränderlich; er konnte in den paläontologischen Resten keine Spur einer stufenweisen Umwandlung finden. Da er wiederholte Revolutionen der Erde annahm, mit denen

[6]) G. Cuvier, Recherches sur les ossements fossiles des Quadrupèdes I. Paris 1812, S. 58. Cuviers Ansichten von der Urwelt. Deutsch von J. Nöggerath. Bonn 1822, S. 72.

jedesmal ein Untergang der vorhandenen Arten verbunden war, so erhob sich für ihn die Frage nach der Herkunft der neuen Formen. Er hält es nicht für notwendig, anzunehmen, daß es jedesmal einer neuen Schöpfung bedurft hatte, um die neuen Arten hervorzurufen; er sagt nur, ,,daß letztere nicht an denselben Orten wohnten und aus anderen Gegenden dahin gekommen sein müßten" [7]. Nöggerath, der Übersetzer Cuviers, macht zu dem Kapitel Cuviers mit der Überschrift: ,,Die verlorengegangenen Arten von Vierfüßlern sind keine Abarten der noch lebenden" die folgende Bemerkung: ,,Das Tatsächliche des vorstehenden Abschnittes der Cuvierschen Arbeit vollkommen anerkennend, zweifeln wir doch, daß dasselbe zureichend sei, um die bei einem großen Teile der Naturforscher herrschende Ansicht von der Metamorphose der Tierformen völlig zu beseitigen. Es kommt nur darauf an, wie wir uns diese Metamorphose denken; eine stets und ununterbrochen fortschreitende Formwandlung läßt sich allerdings durch die Cuvierschen Data widerlegen. Fassen wir aber diese Metamorphose so auf, wie Pander und d'Alton dieses in ihren neueren Prachtwerken über das Riesen-Faultier und die Skelette der Pachydermen (1821) getan haben, so fallen die Cuvierschen Einwände völlig weg" [8].

Die Auffassung von Pander und d'Alton ist in der Einleitung zu dem Werk über die Skelette der Pachydermen in folgenden Worten ausgedrückt: ,,Die oft ausgesprochene Bemerkung, daß die Ausartung der Tiere in gewisse Grenzen eingeschlossen sei, und daß diese niemals die unveränderlichen Merkmale ihres ursprünglichen Charakters verlieren und in andere Gattungen übergehen, widerspricht ihrer Beschränktheit wegen unserer Ansicht einer fortschreitenden Metamorphose keineswegs. Das Leben in den verschiedenen Formen seiner Erscheinung ist nur das Resultat elementarer äußerer und innerer Bedingung; und die Ausartung der Tiere, die als eine zufällige Bildung aus dem Gattungscharakter erkannt wird, ist ihrer Einschränkung nach nicht in der Beharrlichkeit der Art, sondern in der Begrenzung des Zufälligen der äußeren Verhältnisse begründet. Die Umbildung der Tiere durch allgemeine äußere Veränderungen, wie solche nach unleugbaren Spuren einst wirklich statt hatten, kann nicht Ausartung genannt werden, da die Individuen auch die Träger des Gattungscharakters sind. Die Metamorphose der Arten hat daher keine andere Grenze als die ihres Daseins."

---

[7]) Cuvier-Nöggerath I, 99. — [8]) Ebenda S. 272.

Goethe hat die Arbeit von Pander und d'Alton in seinen morphologischen Heften besprochen (1822, I, 4). „Wir glauben auch, sagt er, an die ewige Mobilität aller Formen. Hier kommt jedoch zur Sprache, daß gewisse Gestalten, wenn sie einmal generisiert, spezifiziert, individualisiert sind, sich hartnäckig lange Zeit durch viele Generationen erhalten und sich selbst bei den größten Abweichungen immer im Hauptsinne gleichbleiben." Und nun unternimmt Goethe jenen phylogenetischen Versuch, der eine gewisse Berühmtheit erlangt hat. „Ein ungeheurer Geist, wie er sich im Ozean wohl als Walfisch dartun konnte, stürzt sich in ein sumpfig-kiesiges Ufer einer heißen Zone; er verliert die Vorteile des Fisches, ihm fehlt ein tragendes Element, das dem schwersten Körper leichte Beweglichkeit durch die mindesten Organe verleiht. Ungeheure Hilfsglieder bilden sich heran, einen ungeheuren Körper zu tragen. Das seltsame Wesen fühlt sich halb der Erde, halb dem Wasser angehörig und vermißt alle Bequemlichkeit, die beide ihren verschiedenen Bewohnern zugestehen." Durch irgendwelche „Filiationen" überliefert der Koloß seiner Nachkommenschaft, die sich aufs Land begibt, eine gleiche Unfähigkeit, sich den Umständen anzupassen; „ja sie zeigt sich erst recht deutlich, da das Geschöpf in ein reines Element gelangt, das einem inneren Gesetz, sich zu entwickeln, entgegensteht". In bezug auf den eigentlichen inneren höheren Typus sei das fossile Riesenfaultier weit weniger ein Ungeheuer als das lebende Ai. „Merkwürdig dagegen ist, wie im Unau der animalische Geist sich schon mehr zusammengenommen, sich der Erde (dem Aufenthalt auf der Erde) näher gewidmet, sich nach ihr bequemt und an das bewegliche Affengeschlecht herangebildet habe; wie man denn unter den Affen gar wohl einige findet, welche nach ihm hinweisen mögen."

Nach Cuvier.

Die Auffassung Cuviers von der Unwandelbarkeit der Arten wie überhaupt die empirische Richtung seiner Forschung beherrschten die Paläontologie im großen und ganzen bis in das 6. Dezennium des 19. Jahrhunderts. Sowohl in den stratigraphisch-paläontologischen Abhandlungen und Faunenbeschreibungen, als auch in den mehr zoologisch-paläontologischen Untersuchungen sah man es hauptsächlich auf exakte Spezies- und Gattungsbestimmung ab. „Man beschränkte sich darauf, die fossilen Formen zu beschreiben, mit ihren noch lebenden Verwandten zu vergleichen und sie im System einzureihen. Die einzelnen

Faunen und Floren der Urzeit galten den Anhängern der Katastrophen-Theorie für in sich abgeschlossene, voneinander unabhängige Schöpfungen, deren Reihenfolge und gegenseitige Beziehungen festzustellen eine Hauptaufgabe der Stratigraphie und Paläontologie bildete" (Zittel). Dies gilt jedoch nur im allgemeinen; es gab auch in dieser Zeit Paläontologen genug, die sich nicht mit der Feststellung des Tatsächlichen begnügten, sondern darüber hinaus zu einer tieferen Erkenntnis zu gelangen suchten. Baron von Schlotheim, Graf Sternberg, Adolphe Brongniart, J. Lindley und W. Hutton, H. R. Goeppert, Franz Unger, Alexander Braun, Oswald Heer sind die hervorragendsten Pflanzenpaläontologen dieser Zeit; Louis Agassiz, Goldfuß, d'Orbigny, Quenstedt, Bernhard Cotta, H. G. Bronn bearbeiteten die tierische Paläontologie. Und gerade diese Forscher, und zwar die Deutschen mehr als die Franzosen und Engländer, wurden durch ihre Untersuchungen zu Folgerungen geführt, die der Cuvierschen Lehre von den Erdkatastrophen sowohl als auch von der Artkonstanz zuwiderliefen. Schlotheim erklärte schon 1820[9]): „Wir können nicht wohl der Meinung einiger Kosmologen beipflichten, die zur Bildung der verschiedenen Gebirgslagen immer allgemeine große Erdrevolutionen herbeirufen und stets zu neuen Schöpfungen bei der Erklärung der so veränderten Tierwelt ihre Zuflucht nehmen." Schlotheim stellt nicht in Abrede, daß auch wiederholte Umwälzungen eingetreten sein möchten, wobei mehrere ganz eigentümliche, nunmehr völlig unbekannte Tierarten zugrunde gingen; aber diese Umwälzungen seien doch wohl nur auf einzelne Länderstriche beschränkt gewesen. „Ebensowenig möchte als ausgemacht angenommen werden können, daß ein großer Teil der Tier- und Pflanzenarten nicht auch Umänderungen und Modifikationen ihrer Formen erlitten hätten, da eine Menge von Erfahrungen dieser von Cuvier aufgestellten Behauptung zu widersprechen scheinen."

J. Lindley und W. Hutton stellen in ihrem 1831—1837 veröffentlichten Werk über die fossile Flora Großbritanniens eine progressive Entwicklung der fossilen Flora durchaus in Abrede. Karl Ernst Adolf von Hoff, der deutsche Begründer des geologischen Aktualismus, erklärte noch 1834 im dritten Bande seiner „Geschichte der durch Überlieferung nachgewiesenen natürlichen Veränderungen

[9]) E. F. Baron von Schlotheim, Die Petrefaktenkunde auf ihrem jetzigen Standpunkt. Gotha 1820.

der Erdoberfläche" (S. 228): „Man bemerkt in den Verhältnissen der Versteinerungen nichts von einer mit der Stufenfolge der Zeit in Beziehung stehenden Stufenfolge der Vervollkommnung im Organismus der Erzeugnisse". Ebenso wenig findet Lyell (1830) die Annahme einer sukzessiven Entwicklung des Tier- und Pflanzenreichs begründet. Demgegenüber stellt Friedrich Holl in seinem „Handbuch der Petrefaktenkunde" (1831) fest, daß ein allgemeiner Blick auf die gesamte frühere Schöpfung organischer Wesen auf der Erde wohl einen Fortschritt vom Unvollkommenen zum Vollkommenen, vom Einfacheren zum Zusammengesetzten und Entfalteten erkennen lasse. In der Pflanzenwelt steige diese Schöpfung, soweit sie bekannt sei, von den Algen auf, gehe durch die Farne, Schachtelhalme und Palmen erst spät zu den vollkommneren dikotylen Pflanzen über, deren größte Zahl wohl der neueren Bildungsepoche angehören. In der Tierwelt beginne die Entwicklung mit den Zoophyten, Mollusken und Krustazeen, später erst treten Fische, Amphibien, Vögel und Säugetiere auf, wobei, wie im Pflanzenreich, die Wassergeschöpfe früher als die Landbewohner, die Geschöpfe des Meeres früher als die des Süßwassers erscheinen. „So erscheint uns die frühere Schöpfung wie eine lebensreiche, immer weiter sich entfaltende Knospe, als deren herrlichste, aber auch späteste Blüte der Mensch sich zeigt." Der belgische Geologe Omalius d'Halloy lehrte in seinen „Elementen der Geologie" seit 1831, daß die jetzt lebenden Tierarten die Abkömmlinge von Vorfahren sind, welche ihre fossilen Reste in den jüngeren Tertiär-Formationen hinterlassen haben.

Auch Brongniart[10]), obwohl Anhänger der Cuvierschen Theorie, weist auf die sukzessive Vervollkommnung der Floren in den aufeinanderfolgenden Erdperioden hin, deren er vier unterscheidet. Louis Agassiz[11]), ebenfalls Anhänger der Katastrophentheorie, der Lehre von der Artkonstanz und der Schöpfungslehre, fand unter den versteinerten Organismen progressive, prophetische, synthetische und embryonische Typen; progressive, die einen Fortschritt gegenüber älteren andeuten, prophetische, die künftige Formen ankündigen, synthetische, die die Merkmale verschiedener, später getrennter Typen in sich vereinigen, und embryonische, die an Jugend- oder sogar Embryonalformen gegenwärtig lebender Typen erinnern.

---

[10]) Prodrome d'une histoire des végétaux fossiles. 1828. — [11]) Proceedings of the American Association, 1849, II, S. 432.

Im Zusammenhang mit der Katastrophen- und Schöpfungstheorie stand die Behauptung, die besonders von Louis Agassiz und Alcide d'Orbigny verfochten wurde, daß keine Tier- und Pflanzenart eine Formation, geschweige denn eine Erdperiode überdauert habe. So behauptet Agassiz[12]: „Es existiert keinerlei Identität zwischen fossilen und lebenden Arten, es gibt vom geologischen Gesichtspunkt aus keinerlei direkte Verbindung zwischen zwei verschiedenen geologischen Epochen, jede Epoche hat ihre eigene Fauna." Die seiner Ansicht widersprechenden Befunde sucht er zu entkräften durch die Behauptung, die Identität sei nur eine scheinbare, genauere Untersuchung würde in jedem Falle die Verschiedenheit ergeben. Alcide d'Orbigny aber half sich mit der Erklärung: „Wenn eine, sei es auch absolut identische Form von Organismen in zwei verschiedenen Perioden auftritt, so muß man annehmen, daß sie inzwischen erloschen gewesen und nachher neu geschaffen worden ist: also ist es eine neue, wenn auch nicht unterscheidbare Art." Demgegenüber konnte H. G. Bronn durch genaue statistische Untersuchungen fetstsellen, daß allerdings ein großer Teil der Arten sich nur in einzelnen Gebirgsschichten findet, andere jedoch durch zwei, drei und mehr derselben hindurchreichen, ja selbst in die Schichten anderer Formationen, zuweilen sogar anderer Perioden übergehen[13].

Bronn, obgleich er genauer als jeder andere eine „fortschreitende Entwicklung der organischen Schöpfung" nachwies, stand doch im Jahre 1849 auch noch auf dem Boden der theologischen Schöpfungslehre. Die fortschreitende Entwicklung läßt sich seiner Meinung nach weder durch Urzeugung noch aus der allmählichen Umwandlung einer Form in die andere während einer Reihe aufeinanderfolgender Generationen erklären. Er erblickt darin auch nicht, wie er ausdrücklich betont, die Wirkung einer noch fortdauernden Kraft der in ihrem Gange einmal geregelten Natur, noch würde die Annahme einer einst tätigen, jetzt aber erloschenen solchen Naturkraft zur Erklärung hinreichen. Er erkennt vielmehr in diesem Auftreten, in der Verbindungsweise der gleichzeitig miteinander bestehenden und der allmählich aufeinanderfolgenden Wesen, wie in der wunderbaren Organisation der so mannigfaltigen Lebewesen und in ihrer Anpassung an die jedesmaligen

---

[12]) Bronns Jahrbuch für Mineralogie, 1841, S. 356. — [13]) H. G. Bronn, Handbuch der Geschichte der Natur. III. Bd. 2. Abt., 1849, S. 750. Hier auch über d'Orbigny.

äußeren Lebensbedingnisse „eine durchgeführte Idee, ein so planmäßiges Verfahren, ein so angemessenes Ineinandergreifen aller Wechselbedingungen, daß dies alles wie jedes einzelne nur eben sowohl die Wirkung einer unbegrenzten Allmacht wie die Anordnung einer unbegreiflichen Weisheit sein kann; kein zufälliges Entstehen und keine Zeugung hat stattgefunden, sondern ursprüngliches, absichtliches planmäßiges Erschaffen durch einen unbedingt selbständigen, einen in Dauer, Allmacht und Weisheit unbegrenzten Schöpfer“.

Schöpfung und Entwicklung.

Die berühmten „Vestiges of the natural history of creation“ (1844) stehen in bewußtem Gegensatz zur Schöpfungslehre auch auf paläontologischem Gebiet; sie vertrage sich nicht mit allem, was wir von der wirklichen Geschichte der organischen Wesen auf Erden wissen. Diese kamen ja nicht auf einmal, wie man erwarten müßte, wenn sie das Produkt eines besonderen Tätigkeits- oder Willensaktes der Gottheit wären. Sie traten auf in langgedehnter Aufeinanderfolge und in der Reihenordnung einer fortschreitenden Organisation, Stufe nach Stufe, bis, von einem niedersten Ausgangspunkt aus, in beiden Reihen die höchsten Formen verwirklicht waren. Alles sieht dabei einem speziellen Arbeiten oder speziellen Wollen eines Schöpfers sehr unähnlich, dagegen aber dem einfach natürlichen Verfahren der Dinge in unserer heutigen Welt sehr ähnlich. Übrigens müssen jedem denkenden Geiste die Abgeschmacktheiten der Schöpfungslehre auffallen. Der Ewige richtet ein Sonnensystem ein mittelst gewisser, der Materie uranfänglicher Anlagen; er läßt durch dieselben Mittel Ozeane sich bilden und Kontinente sich erheben und all jene großartigen meteorischen Agentien ihr ruheloses Zersetzungswerk treiben, um die Erde zur Aufnahme organischer Wesen vorzubereiten. Wenn nun aber im Lauf dieser Operationen Meergras und Korallen in jene Ozeane gesetzt werden sollen, dann soll ein besonderer Eingriff der göttlichen Machtvollkommenheit nötig sein; dann ist nach dem Glauben des Unwissenden die Hand Gottes selbst, nach dem Glauben der Weisen aber — wenn es Weise unter uns gibt — ein göttliches „Werde“ von nöten. In beiden Fällen wird eine besondere Aufmerksamkeit auf den Gegenstand, wie sie der Mensch zur Förderung seiner Angelegenheiten anwendet, vorausgesetzt. Und nicht nur bei dieser Gelegenheit, sondern während des ganzen Verlaufs der geologischen Zeit ist diese besondere Aufmerksamkeit

notwendig, sobald eine neue Familie von Organismen eingeführt wird: ein neues „Werde" für Fische, ein anderes für Reptilien, ein drittes für Vögel; ja, halten wir die Ansicht der gegenwärtigen Geologen in Betreff der Spezies fest, so müßte ein Ereignis, wie der Anfang eines neuen Cephalopoden mit einigen Höckerchen und Runzelchen mehr auf der Schale nach dieser Theorie die besondere Mühe des Allmächtigen in Anspruch nehmen.

Auch der Botaniker Schleiden ersetzte um diese Zeit die Schöpfungslehre in der Botanik durch eine naturalistische Entwicklungslehre. In seinem schönen Buch über „die Pflanze und ihr Leben" (1847) skizziert er auch die geologischen Vegetationsepochen und zeigt, daß die Pflanzenwelt im Wasser mit den einfachsten Formen beginnt und gerade mit der Familie, wo am häufigsten noch jetzt eine einzelne Zelle die ganze Pflanze vorstellt. Hieran schließen sich in den folgenden Perioden dann die andern Pflanzengruppen, indem sie in einer Reihenfolge auftreten, die ihrer immer höheren Organisation entspricht. Die einfachste Grundlage der ganzen Pflanzenwelt, die Zelle, läßt Schleiden durch Urzeugung aus unorganischen Stoffen hervorgehen.

1852 veröffentlichte Franz Unger seinen berühmten „Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt". Unger war durch die Pflanzengeographie zur Pflanzenpaläontologie geführt worden, zur „Geschichte der Pflanzenwelt, deren Dokumente in den fossilen Resten der Pflanzen gegeben sind". Diese stellen zwar nur ein unvollständiges Trümmerwerk dar; „aber sie verschaffen uns, mit Sorgfalt gesammelt, verglichen und nach ihrem Werte bestimmt, dennoch einen Überblick der Geschichte der Vegetation, der immer genauer werden wird, je weiter die Durchforschung der Erdschichten und ihrer paläontologischen Reste vorschreiten wird".

Aus dem Zahlenverhältnis der fossilen und rezenten Pflanzen geht für Unger „klar und bis zur Evidenz" hervor, daß die Pflanzenwelt der Gegenwart einen ungleich größeren Formenreichtum in den untergeordneten Gebieten ihrer Gestaltung darbietet, als alle Floren der Vorwelt zusammengenommen. „Es kann somit der Betrachtung nicht entgehen, daß die Entwicklung der Pflanzenwelt nicht etwa in einem Produzieren neuer differenter Formen besteht, die mit den früheren in keinem genetischen Zusammenhang stehen, sondern daß dieselbe umgekehrt aus der größtmöglichen Differenz bereits hervorgebildet, ohne Erweiterung derselben vielmehr dahin zielt, dieselbe durch eine unend-

lich reiche Produktion von Mittelformen wieder auszugleichen. Das aber ist es eben, was den Charakter jeder wahren Entwicklung ausmacht“.

Die Untersuchung der ältesten, organische Reste enthaltenden Formation zeigt, wie Unger darlegt, schon das Vorhandensein der vier größeren Haupttypen der Pflanzenwelt, der kryptogamischen Zellpflanzen, kryptogamischen Gefäßpflanzen, der Monocotyledonen und Dicotyledonen, die Grundzüge, aus denen alle späteren Formen hervorgingen. Unger stellt die „nicht unbegründete Vermutung“ auf, daß dieser Landvegetation, die doch schon einen hohen Grad der Entwicklung zeigt, eine noch viel einfachere Wasser- oder Meeresvegetation vorausgegangen sein müsse, und knüpft daran die Bemerkung: „In dieser Meeresvegetation, aus Thallophyten, namentlich aus Algen bestehend, wäre demnach der wahre Keim sämtlicher in der Zeit nach und nach hervortretender Pflanzenformen zu suchen. Es unterliegt keinem Zweifel, daß der auf dem Erfahrungswege bis hierher verfolgte Ursprung der Pflanzenwelt theoretisch noch weiter verfolgt werden kann, und daß man zuletzt wohl gar auf eine Urpflanze, ja noch mehr auf eine Zelle gelangt, die allem vegetabilischen Sein zugrunde liegt“. Nicht unabhängig voneinander sind die einzelnen Arten entstanden, etwa durch das Zusammenwirken der Naturkräfte, vielmehr muß eine Pflanzenart aus der andern hervorgehen. Die niederen wie die höheren systematischen Einheiten sind nicht etwa zufällige Aggregate oder Gedankendinge; sie sind genetisch miteinander verbunden und bilden zusammen eine wahre innere Einheit.

Die Produktion neuer Typen betrachtet Unger nicht als eine Metamorphose der Art, so daß die eine Art völlig in der andern aufginge. Die Stammart könne recht wohl eine längere oder kürzere Zeit neben der aus ihr hervorgegangenen neuen Art fortbestehen, bis ihr Alter sie wie alle Arten dem Erlöschen entgegenführt. Die Entstehung neuer Typen sei somit nur eine partielle Metamorphose, an welcher vielfach nicht einmal sämtliche Individuen einer Art zu irgend einer Zeit Anteil nehmen, sondern wahrscheinlich nur eine geringe Anzahl derselben. „Nur auf diese Weise können die Pappel-, Eichen-, Ahorn-Arten usw. der Jetztwelt mit den Pappel-, Eichen- und Ahorn-Arten der Vorwelt zusammenhängen; nur auf diese Weise ist es erklärlich, wie der Reichtum der Leguminosen-Gattungen in den wenigen Gattungen der Vorwelt begründet ist, und selbst die großen Abtei-

lungen der Familien, Ordnungen und Klassen ihre Prototypen schon in der frühesten Geschichte der Pflanzenwelt haben können.“

H. G. Bronn.

Gegen das Ende der vordarwinschen Zeit der Paläontologie faßte noch einmal einer der hervorragendsten Paläontologen jener Zeit, der schon genannte Heinrich Georg Bronn (1800—1862), die Ergebnisse seiner „Untersuchungen über die Bildungsgesetze der organischen Welt während der Bildungszeit unserer Erd-Oberfläche“ zusammen, in einer von der französischen Akademie gekrönten Preisschrift (1858). Die Akademie hatte folgende Probleme zur Untersuchung gestellt:

Die Gesetze der Verteilung der fossilen Organismen in den verschiedenen Sedimentärformationen gemäß der Ordnung ihrer Aufeinanderfolge;

Die Frage ihres sukzessiven oder gleichzeitigen Erscheinens oder Verschwindens;

Die Natur der Beziehungen, welche zwischen dem gegenwärtigen Zustand des Organismenreichs und seinen früheren Zuständen bestehen.

In seiner Bearbeitung dieser Aufgaben entwirft Bronn zunächst ein Bild von dem damals bekannten paläontologischen Material und dessen Verteilung in den verschiedenen Formationen und erörtert sodann im Vorübergehen die Entwicklungstheorien von Lamarck, Geoffroy St.-Hilaire, Oken, Unger, nach denen alle späteren Organismen-Arten durch Umbildung aus den früheren und frühesten entstanden seien. Bronn lehnt diese Theorien ab: keine Erfahrung spreche dafür, daß wirklich eine Art, eine Sippe, oder gar eine Ordnung und Klasse in eine andere übergehen könne. Er lehnt jetzt aber auch die herkömmliche Schöpfungslehre ab, die er selbst früher angenommen hatte, und die um diese Zeit noch von Louis Agassiz in der schärfsten Form vertreten wurde. „Der nüchterne Naturforscher, der keine Naturkraft kennt, welche Pflanzen- und Tierarten erzeugte, wie die Attraktion sphärische Weltkörper und die Affinität kristallisierte Mineral-Arten gestaltet, wird geneigt sein, dieselben als einen unmittelbaren Ausfluß göttlicher Schöpfungstätigkeit zu betrachten; aber eben dieser nüchterne Naturforscher wird sich auch sagen, daß sonst nichts in der Natur durch einen solchen bewirkt, sondern alles durch allgemeine Kräfte geordnet und gebildet wird, welche mit der Materie verbunden sind; daher auch

hier die Analogie uns mit Bestimmtheit mahne, eine ähnliche, wenn auch uns noch unbekannte Kraft zu unterstellen, welche Pflanzen- und Tierarten hervorgebracht habe und vielleicht noch jetzt fortwährend hervorbringe.“ Was aber diejenigen Paläontologen betreffe, welche nur die ersten Pflanzen und Tiere der Erde durch unmittelbare Schöpfung entstanden sein lassen, so hätten sie keine wesentliche Vereinfachung der Naturgesetze dadurch gewonnen, daß sie die Dauer der unmittelbaren Schöpfung auf eine etwas kürzere Zeit beschränken.

Die allgemeinen Ergebnisse seiner Untersuchungen faßt Bronn in folgenden Sätzen zusammen (S. 80—82):

1. Die allerfrühesten Erzeugnisse der Schöpfungskraft in den ältesten neptunischen Schichten der Erde bestanden bereits in Pflanzen, Pflanzentieren, Weichtieren, Krustern und vielleicht selbst Fischen, deren gleichzeitiges Auftreten daher die Annahme widerlegt, daß die vollkommeneren Organismen durch säkulare Umbildungen aus den unvollkommeneren entstanden seien.

2. Dieselbe Kraft, welche die ersten Organismen neu hervorgebracht, hat in intensiv wie extensiv gesteigerter Tätigkeit während der ganzen nachfolgenden geologischen Zeit fortgewirkt bis zum endlichen Erscheinen des Menschen; auch hier zeigt sich nirgends eine allmähliche Umgestaltung alter Arten und Sippen in neue; sondern die neuen sind überall neu entstanden ohne Zutun der vorigen.

3. In der Aufeinanderfolge der verschiedenen Pflanzen- und Tierformen ist ein gewisser steter Gang und Plan zu erkennen, die nicht vom Zufall abhängig sind. Indem alle Arten nur eine zeitweise Dauer besitzen und früher oder später wieder untergehen, geben sie Raum für nachfolgende neue, welche nicht nur fast immer in Zahl, Organisation und Verrichtungen einen Ersatz für die verschwunderen bieten, sondern auch noch mannigfaltiger und daher zum Teil vollkommener zu sein pflegen und nach Organisationshöhe, Lebensweise und Funktionen stets ein Gleichgewicht zueinander behaupten. Es besteht daher immer eine gewisse feste Beziehung zwischen den neu entstandenen und den verschwindenden Formen von Organismen.

4. Eine ebensolche Beziehung besteht notwendigerweise zwischen den neu auftretenden Organismen und den äußeren Lebensbedingungen, welche bei ihrem Auftreten auf der Erdoberfläche oder an dem Orte ihres Auftretens herrschend waren.

5. Ein fester Plan scheint der ganzen Entwicklungsfolge der Organismen auch insofern zugrunde zu liegen, als der Mensch erst am Schlusse derselben erscheint, wo er alles vorbereitet findet, was zu seiner eigenen Existenz und zu seiner steigenden Entwicklung und Ausbildung notwendig ist.

6. Ein solches regelmäßiges Fortschreiten in Verfolgung eines und desselben Planes von Anfang bis zu Ende einer millionenjährigen Periode läßt sich nur auf zweierlei Weise erklären. Entweder ist dieser sukzessive Entwicklungsgang eine jederzeitig unmittelbare Folge der planmäßigen Tätigkeit eines selbstbewußten Schöpfers gewesen, welcher dabei jedesmal nicht allein die Ordnung des Auftretens und die Bildung, Organisation und irdische Bestimmung jeder der Millionen Pflanzen und Tierarten, sondern auch die Zahl der ersten Individuen, den Ort ihrer Ansiedlung, alles im einzelnsten erwogen, beschlossen und ausgeführt hat, obwohl es in seiner Macht gelegen hätte, alles auf einmal zu schaffen — oder es bestand irgend eine uns bis heute durchaus unbekannt gebliebene Naturkraft, die vermöge ihrer eigenen Gesetze Pflanzen- und Tierarten bildete und alle jene zahllosen Einzelverhältnisse ordnete und schlichtete, welche Kraft aber in diesem Falle in unmittelbarstem Zusammenhange mit und in vollkommener Abhängigkeit von denjenigen Kräften stehen mußte, welche die allmählich fortschreitende Ausbildung der Erdrinde und die allmähliche Entwicklung der äußeren Lebensbedingungen für immer zahlreichere und höhere Organismen in Folge dieser Ausbildung bewirkt haben. Nur so ließe sich erklären, wie die Entwicklung der organischen mit der unorganischen Welt fortwährend gleichen Schritt halten konnte.

7. Wir glauben daher, daß alle Pflanzen- und Tierarten durch eine uns unbekannte Naturkraft ursprünglich geschaffen, nicht aber durch Umbildung aus einigen wenigen Urformen entstanden sind, und daß jene Kraft mit den die Oberfläche ausbildenden Kräften und Ereignissen im innigsten und notwendigsten Zusammenhange stand.

Entgegen der alten, fast unausrottbaren Vorstellung von der Einreihigkeit der „Entwicklung“ stellt Bronn fest: Nicht nur die wirbellosen Tiere, die Fische, die Reptilien, die warmblütigen Vögel und Säugetiere und zuletzt der Mensch traten allmählich erst die einen nach den andern auf, sondern auch in den einzelnen Unterreichen der Strahltiere, der Weichtiere, der Kerbtiere, der Fische erscheinen die höheren Äste des Systems erst nach den tieferen, jedoch in der Weise, daß der höhere

Zweig eines tieferen Astes sich oft später als der tiefere Zweig eines höheren Astes entwickelt. Will man dieses Verhalten durch ein Bild darstellen, so wird dasselbe einem solchen baumförmigen Bilde des Systems entsprechen, in welchem die höhere oder tiefere Stellung der verschiedenen Zweige die absolute Organisationshöhe eines jeden einzelnen Zweiges auszudrücken bestimmt wäre, gleichviel, ob er an einem höheren oder tieferen Aste sitze. Es ist eine fast in allen Kreisen und Klassen des Systems wahrnehmbare Erscheinung, daß die höchsten Klassen eines tieferen Kreises, die höchsten Ordnungen einer tieferen Klasse absolut vollkommener sind, als die tiefsten Klassen des nächsthöheren Kreises und die tiefsten Ordnungen der nächsthöheren Klasse; und so kann es oft nach dem Gesetz der progressiven Entwicklung angemessen sein, daß eine Tiergruppe M nach der Tiergruppe P erscheint, weil sie vollkommener organisiert ist, obwohl sie einer tieferen Verzweigung des Systems angehört als jene.

In derselben Zeit, in der sich Bronn bemühte, die paläontologischen Tatsachen durch eine unbekannte Schöpfungskraft zu erklären, versuchte Louis Agassiz (1807—1873) noch einmal in systematischer Weise die theologische Schöpfungslehre auch für die Paläontologie durchzuführen. In seinem berühmten „Essay on classification" (1859), der Einleitung zum ersten Band seiner „Beiträge zu einer Naturgeschichte der Vereinigten Staaten" (1857), erörtert er die Aufeinanderfolge der Tiere und Pflanzen in den geologischen Zeiten, die Lokalisation der Typen in vergangenen Zeitaltern, die Beschränkung von Arten auf bestimmte geologische Perioden, den Parallelismus zwischen der geologischen und systematischen Aufeinanderfolge der Pflanzen und Tiere, den Parallelismus zwischen ihrer geologischen Aufeinanderfolge und ihrer embryonalen Entwicklung, die prophetischen, embryonischen, progressiven und synthetischen Typen, und kommt zu dem Schluß: dies alles kann nicht die Folge physikalischer Ursachen sein, sondern muß auf das unmittelbare Wirken des Schöpfers zurückgeführt werden. Denn, so argumentiert Agassiz, auf dem uniformitarischen Boden Lyells stehend, die physischen Agentien sind überall auf der Erde dieselben und waren in allen geologischen Perioden dieselben, während die organischen Wesen überall und in allen Erdzeitaltern verschieden sind. Folglich kann zwischen diesen beiden Reihen von Erscheinungen keine kausale oder genetische Verbindung bestehen. „Mit einem Wort: Naturgeschichte muß Analysis der Gedanken des Schöpfers sein, die

so gut im Pflanzen- und Tierreich wie in der anorganischen Welt manifestiert sind.“ [14])

Darwin und nach Darwin.

Im Jahre 1859 erschien Darwins Buch über die Entstehung der Arten; Bronn übersetzte es ins Deutsche. Im zehnten Kapitel des Buches erörtert Darwin die geologische Aufeinanderfolge der organischen Wesen im Sinne seiner Deszendenztheorie. Er legt, die Ergebnisse der geologisch-paläontologischen Forschung zusammenfassend, dar: daß die geologische Schöpfungsurkunde äußerst unvollkommen sei; daß erst nur ein kleiner Teil der Erdoberfläche sorgfältig untersucht worden sei; daß nur gewisse Klassen organischer Wesen zahlreich in fossilem Zustande erhalten seien; daß die Anzahl der bekannten Individuen und Arten nichts bedeute im Vergleich mit der unberechenbaren Zahl von Generationen, die auch nur während einer einzigen Formationszeit aufeinander gefolgt sein müssen; daß ungeheure Zeiträume zwischen je zwei aufeinanderfolgenden Generationen verflossen sein müssen, weil Fossilien führende Formationen hinreichend mächtig, um künftiger Zerstörung zu widerstehen, sich nur während Senkungsperioden ablagern konnten; daß mithin wahrscheinlich während der Senkungszeiten mehr Aussterben und während der Hebungszeiten mehr Abändern organischer Formen stattgefunden habe; daß der Schöpfungsbericht aus diesen letzteren Perioden am unvollkommensten erhalten sei; daß nicht jede einzelne Formation in ununterbrochenem Zusammenhang abgelagert worden sei; daß die Dauer jeder Formation kurz sei im Vergleich zur mittleren Dauer der Artenformen; daß Einwanderungen einen großen Anteil am ersten Auftreten neuer Formen in der Formation einer Gegend gehabt haben; daß die am weitesten verbreiteten Arten auch am meisten variiert und am öftesten Veranlassung zur Entstehung neuer Arten gegeben haben; und daß Varietäten anfangs nur örtlich gewesen seien. „Alle diese Ursachen zusammengenommen müssen die geologische Urkunde äußerst unvollständig machen und können es größtenteils erklären, warum wir keine endlosen Varietätenreihen die erloschenen und lebenden Formen in den feinsten Abstufungen verketten sehen.“

Von diesen Schwierigkeiten abgesehen, scheinen Darwin alle andern

---

[14]) Essay on classification, S. 205.

großen und leitenden Tatsachen der Paläontologie einfach aus der Theorie der Abstammung von gemeinsamen Ureltern mit fortschreitender Abänderung durch natürliche Züchtung zu folgen. Diese Theorie erkläre, warum neue Arten nur langsam nacheinander auftreten; warum Arten verschiedener Klassen nicht notwendig in gleichem Verhältnis oder in gleichem Grade miteinander wechseln, sondern alle nur im Verlaufe langer Perioden Veränderungen unterliegen; warum eine Spezies, wenn sie einmal erloschen ist, nie wieder erscheint. Die Theorie der Abstammung mache es ferner begreiflich, daß die alten und neuen Lebensformen ein großes System miteinander bilden; daß die fossilen Formen um so mehr von den jetzt lebenden abweichen, je älter sie sind; daß alte und erloschene Formen oft Lücken zwischen lebenden auszufüllen geeignet sind; daß ältere Formen oft Charaktere besitzen, welche zwischen jetzt getrennten Gruppen mehr oder weniger die Mitte halten; daß die organischen Reste dicht aufeinanderfolgender Formationen einander ähnlicher sein müssen als die weit voneinander entfernten usw.

Auch im Gebiete der Paläontologie waren es nicht neue Tatsachen, die Darwin beibrachte; aber er zeigte, daß die bekannten Tatsachen ihre Erklärung eben nur finden können im Lichte der Entwicklungslehre, speziell der Deszendenztheorie, daß sie Induktionsbeweise sind für diese Lehre. So betrachtet auch Haeckel (1866) die Paläontologie als eine der drei großen Urkunden der Stammesgeschichte; sorgfältig wägt er ihre positiven Daten und negativen Lücken gegeneinander ab, und kommt infolge ihrer Lückenhaftigkeit zu dem Schluß, daß sie nur in Verbindung mit der vergleichenden Anatomie und Ontogenie imstande sei, das Gebäude der Stammesgeschichte zu errichten.

Das Schlagwort von der Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferung ist durch Lyell in die Paläontologie gekommen. Er vergleicht die in der Paläontologie vorliegende Urkunde der Erdgeschichte mit einer geschriebenen Geschichte, die unvollständig geführt und in wechselnden Dialekten abgefaßt und von der nur der letzte, bloß auf zwei oder drei Länder sich beziehende Band auf uns gekommen sei. Doch auch von diesem Bande soll nur hie und da ein kurzes Kapitel und nur da und dort von jeder Seite einige Zeilen übrig sein. Dieser Satz, den Lyell selbst in den späteren Auflagen seiner „Prinzipien der Geologie“ weggelassen hat, ist, als er auch von Darwin in seine „Entstehung der Arten“ aufgenommen worden war, zu einem allgemeinen

Dogma geworden. Man vergaß, daß der Ausspruch von Lyell „aus einer Zeit stammt, in welcher die geologischen Methoden noch sehr wenig entwickelt waren und eine richtige Beurteilung noch nicht gestatteten, und so schleppen sich diese Meinungen von Jahr zu Jahr und von Buch zu Buch weiter, ohne daß man sich die Muse nähme, deren Wert zu prüfen". Melchior Neumayr[15]), der das Dogma auf seinen Wahrheitsgehalt prüfte, kam zu dem Ergebnis, daß allerdings eine Anzahl bedeutender Lücken in der geologischen Aufeinanderfolge der Tiere vorhanden ist; „die Annahme einer nahezu vollständigen Überlieferung ist entschieden unrichtig. Aber ebensowenig ist die Meinung begründet, welche eine ganz außerordentliche Lückenhaftigkeit für wahrscheinlich hält."

Fünfundzwanzig Jahre nach Neumayr prüfte O. Abel die Frage der Lückenhaftigkeit der Paläontologie von neuem und stellte fest, daß jenes Schlagwort seine Berechtigung schon lange verloren hat. „Die Zahl der Paläontologen ist enorm gewachsen und mit ihr die Zahl der Sammler. Immer neue Mengen von Versteinerungen gelangen Jahr für Jahr in die Museen; Jahr für Jahr werden neue, reiche Fundgebiete der Forschung erschlossen; zu Hunderttausenden häufen sich die Reste der Versteinerungen in den Museen an, derart, daß wir von einzelnen fossilen Formen in den meisten Museen größere Suiten als von den lebenden besitzen"[16]).

Zugleich mit diesem Zuwachs an Material, wie andererseits an neuen theoretischen Gesichtspunkten, vollzog sich eine Neuorientierung der Paläontologie. War sie früher nur ein Anhängsel oder eine Hilfswissenschaft der Geologie, so strebte sie in der nachdarwinschen Zeit immer mehr dahin, selbständig zu werden oder vielmehr mit der Zoologie und Botanik zu verschmelzen, eine Verschmelzung, die übrigens schon Carl Vogt in seinen „Zoologischen Briefen" (1851) nicht nur befürwortet, sondern auch durchgeführt hatte. Zoologie und Botanik erhalten erst durch die Paläontologie ihre Tiefe, und zwar erst seitdem diese vom Entwicklungsgedanken durchdrungen ist. Wie dieser Gedanke schon vor Darwin vereinzelt in der Paläontologie vorhanden war, so hat er nach Darwin nicht sofort von der ganzen Paläontologie Besitz ergriffen. Zittel stellt fest, daß es ein Jahrzehnt gedauert habe, bis Darwins Theorie, d. h. die Entwicklungslehre, auch im Bereich der

[15]) Die Stämme des Tierreichs I, 1889, S. 23. — [16]) Kultur der Gegenwart. Abstammungslehre, 1914, S. 327.

Paläontologie ihren Siegeszug vollendet hatte. Dann aber „tritt die überwiegende Mehrzahl der Paläontologen als überzeugte Anhänger für die Deszendenzlehre in die Schranken. Die Umbildungen der Arten im Lauf der geologischen Zeiten werden verfolgt. In allen Tiergruppen werden Anhaltspunkte gefunden für die Aufstellung von Formenreihen und Stammbäumen und Stützen für Haeckels Biogenetisches Grundgesetz. Die Paläontologie steht in den letzten Dekaden des 19. Jahrhunderts ganz im Zeichen phyletischer Forschungen"[17].

Die bedeutendste Förderung erfuhr die genetische Paläontologie durch die monographische Bearbeitung einzelner Gruppen von Tieren und Pflanzen. Im Jahre 1874 unternahm der Russe Woldemar Kowalewsky den Versuch einer natürlich-genetischen Klassifikation der fossilen Huftiere[18]. Die Arbeit ist Darwin gewidmet. In den Widmungsworten heißt es: „Der fruchtbringende Einfluß Ihrer geistvollen Ideen auf alle Zweige der Naturwissenschaft mußte selbstverständlich am meisten in der Paläontologie und Geologie Anwendung finden, denn eben in den Erdschichten, welche die erloschenen Ringe der großen Kette bergen, müssen wir die positiven unzweideutigen Belege für die von Ihnen begründete Deszendenztheorie suchen. Ich habe versucht, gestützt auf genaue anatomische Grundlagen, den Gang dieser Deszendenz für einen Teil des Tierreichs darzustellen, und darf wohl sagen, daß dieser Entwicklungsgang für einige der Haupttypen unserer noch heute existierenden Landsäugetiere sich so klar darstellen läßt, daß man über die Richtigkeit der Abstammungslehre schwerlich noch im Zweifel sein kann." Und Kowalewsky wagt im Gefühl des ersten Erfolgs die Prophezeiung: „Die weitere Entwicklung und Ausbreitung der von Ihnen niedergelegten Grundsätze, ihre tatsächliche Begründung durch klare unzweideutige Beispiele muß unvermeidlich dazu beitragen, die paläontologische Wissenschaft in neue Bahnen zu lenken, und ich sehe mit Zuversicht einer nahen Zukunft entgegen, wo die Abstammung aller Geschöpfe sich so einfach und klar darstellen läßt wie die Abstammung der Gruppe, mit der ich hier beschäftigt war."

Damit war, nach einer vorwiegend deskriptiven Periode, die morphologisch-phylogenetische Periode der Paläontologie eingeleitet, die ihren großartigsten Ausdruck in Zittels vierbändigem „Handbuch der

[17]) J. F. Pompeckj, Paläobiologie. Handwörterbuch der Naturwissenschaften VII, 1912. — [18]) Monographie der Gattung Anthracotherium. Palaeontographica, 22. Bd. 1876.

Paläontologie" fand (1876—1893). Dieses einen neuen Grund legende Werk beginnt mit den Worten: „Die Paläontologie oder Versteinerungskunde ist die Wissenschaft von den Versteinerungen oder die Lehre von den alten Lebewesen (λόγος τῶν παλαιῶν ὄντα). Sie beschäftigt sich mit allen Fragen, welche die Eigenschaften, die systematische Stellung, die einstige Lebensweise, die räumliche Verbreitung und die zeitliche Aufeinanderfolge jener alten Wesen betreffen, sowie mit den Folgerungen, welche sich aus diesen Untersuchungen für die Entwicklungsgeschichte der Organismen und der Erde überhaupt ergeben." Diesem Programme gemäß ist das ganze ungeheure Material durchgearbeitet, sind die genetischen Zusammenhänge der einzelnen Organismengruppen aufgedeckt, wo nur immer das Material es erlaubte.

Kowalewskys Prophezeiung hat sich heute schon wenigstens teilweise erfüllt; die Paläontologie hat eine ganze Anzahl von Formenreihen entdeckt, die vollgültige Beweise für den Entwicklungsgedanken liefern. Schon vor Darwins Neubegründung der Abstammungslehre hatte Moritz Hörnes die schrittweisen Veränderungen der Schalen einer Schnecke, der Cancellaria cancellata, von dem miozänen Typus des Wiener Beckens an bis zur lebenden Form des Mittelmeers aufgezeigt. 1866 verfolgte Hilgendorf die Formenreihe der Planorbis multiformis, einer Schnecke aus dem miozänen Süßwasserkalk von Steinheim in Württemberg [19]). Hilgendorf war imstande, den Stammbaum der Planorbis durch übereinanderliegende Schichten hindurch Schritt für Schritt zu verfolgen, von ganz flachen und eingerollten Schalen an bis zu turmförmigen Gehäusen. Hier war zum erstenmal der Übergang verschiedener Arten ineinander handgreiflich dargelegt.

1867 folgte der Wiener Paläontologe W. Waagen mit einer Untersuchung an jurassischen Ammoniten der Gattung Oppelia [20]). Auch hier konnte eine fortschreitende Entwicklungsreihe festgestellt werden. Waagen nannte die einzelnen Glieder dieser zeitlichen Formenreihe „Mutationen", um sie von den gleichzeitigen „Variationen" in ein und derselben Zone zu unterscheiden. Solcher paläontologischen Formen-

---

[19]) M. Hörnes, Die fossilen Mollusken des Wiener Tertiärbeckens I, 1856, S. 317; F. Hilgendorf, Planorbis multiformis im Steinheimer Süßwasserkalk. Ein Beispiel von Gestaltveränderung im Laufe der Zeit. Monatsberichte der Berliner Akademie der Wissenschaften, 1866, S. 474. — [20]) Formenreihe des Ammonites subradiatus. Beneckes geognostisch-paläontologische Beiträge, Bd. II.

reihen, die den systematischen Formenreihen rezenter Organismen vollkommen entsprechen (vgl. S. 262), sind später noch eine ganze Anzahl aufgefunden worden. Die auffallendste dieser genealogischen Reihen entdeckte Melchior Neumayr in den pliozänen Paludinen oder Sumpfschnecken der slavonischen Süßwasser-Ablagerungen[21]). Ähnliche Reihen, die vollgültige Beweise für eine Verknüpfung älterer und jüngerer Arten durch allmähliche Übergänge liefern, ließen sich in großer Zahl auch bei anderen Gattungen der Unioniden, Melanopsiden usw. aufdecken. „Wir erhalten hier die beste Gelegenheit, uns von der Tatsache einer allmählichen Umbildung im Sinne der Darwinschen Lehre zu überzeugen" (Neumayr).

In seinem unvollendeten Werke über die „Stämme des Tierreichs" (1889) hatte Neumayr begonnen, das paläontologische Material im Sinne der Entwicklungslehre zu bearbeiten. Gaudry und später Depéret in Frankreich, Marsh, Cope, Osborn, Baur, Matthew in Nordamerika, Schlosser u. a. in Deutschland bemühten sich mit wachsendem Erfolg, die Umgestaltung der Wirbeltiere der Vorwelt im Sinne der Entwicklungslehre aufzuhellen. Henry Fairfield Osborn, der Belgier Louis Dollo, der Deutsche Johannes Walther, der Wiener O. Abel wandten die „ethologische Methode", die Erforschung der Organismen in ihren Beziehungen zur Umwelt, auch auf die Tiere der „Vorwelt" an. Der Grundsatz dieser Methode, die nichts anderes ist, als eine Ausdehnung der Vergleichung über das Individuum hinaus auf seine Umwelt, hat Osborn[22]) in den Worten ausgesprochen: „Ebenso wie die uniformitarische Methode Lyells die Geologie von Grund aus umgestaltete, so durchdringt die uniformitarische Methode die Paläontologie und macht die Erforschung des gegenwärtigen Pflanzen- und Tierlebens zur Basis für das Verständnis des Tier- und Pflanzenlebens in der Vorwelt." Erst damit feiern in Wahrheit die fossilen Lebewesen ihre Auferstehung, sie werden vor unsern Augen lebendig

---

[21]) Neumayr und Paul, Die Congerien- und Paludinenschichten West-Slavoniens. Abhandlungen der geologischen Reichsanstalt Wien. Bd. VII. Vgl. auch Neumayr, Die Stämme des Tierreichs I, 1889, S. 51: „Die paläontologischen Formenreihen", sowie dessen „Erdgeschichte" II, 2. A. 1895, S. 404. — [22]) The present problems of paleontology. The Popular Science Monthly, Jan. 1905. In seinem Aufsatz über Geoffroy St.-Hilaires „Principes de Philosophie Zoologique" sagt Goethe (1830): „Die Gestalt (eines Teils) steht in bezug auf die ganze Organisation, wozu der Teil gehört, und somit auch auf die Außenwelt, von welcher das vollständig organisierte Wesen als ein Teil betrachtet werden muß."

in ihrer Umwelt und ihrer Tätigkeit, wir sehen vor Augen, wie sie sich an diese Umwelt und an diese Tätigkeit anpassen, und sich infolgedessen notwendig in einer bestimmten Richtung entwickeln.

Mehr als in einem andern Gebiete der biologischen Forschung triumphiert heute der Entwicklungsgedanke, die kausal-genetische Betrachtungsweise, in der Paläontologie, die einst der beliebteste Tummelplatz phantastischer Spekulationen und vollkommen von der Schöpfungslehre beherrscht war. „Jeder Zuwachs von neuem fossilen Material trägt dazu bei, die vorhandenen Lücken auszufüllen, und jeder Versuch, mit Hilfe dieses Zuwachses bisher unverbundene Tier- und Pflanzenformen zu verknüpfen, führt zu dem gleichen Ergebnis: er bestätigt die Theorie der Abstammung überhaupt und zeigt denselben Mechanismus auf, nämlich schrittweise Umbildung. So wächst die Wahrscheinlichkeit der Abstammungslehre von Tag zu Tag, und es begreift sich leicht, daß gerade die Paläontologie, sobald sie über die einfache Beschreibung der Fossilien hinaus- und irgendwelcher Art von Verknüpfung nachgeht, die Abstammungslehre in keiner Weise entbehren kann. Sie ist heute die einzig mögliche Form, in der die Wandlungen der Schöpfung auch gerade im einzelnen begriffen werden können“[23]).

Das Ergebnis der Paläontologie.

Vielfach wird sogar die Paläontologie ihrer handgreiflichen Unterlagen wegen als die einzige Quelle der biologischen Entwicklungslehre betrachtet. Haeckel hat dieser Überschätzung der Paläontologie gegenüber — der andererseits eine Unterschätzung, ja häufig völlige Unkenntnis der paläontologischen Tatsachen gegenübersteht — schon im Jahre 1866 darauf hingewiesen, daß die Biogenetik ein Flickwerk bleibt, wenn sie sich auf die Paläontologie allein stützt und nicht auch die vergleichende Anatomie und Ontogenie als Quelle ihrer Einsichten benutzt. In kritischer Weise hat er die negativen Lücken und positiven Daten der Paläontologie erörtert in seiner „Systematischen Phylogenie“ (1894). Jene sind teils in der Natur der Organismen selbst begründet,

---

[23]) G. Steinmann, Die geologischen Grundlagen der Abstammungslehre, 1908, S. 3. Vgl. auch W. B. Scott und D. H. Scott: The paleontological record. I. Animals, II. Plants, in dem Sammelwerk: Darwin and modern Science, hgg. von A. C. Seward. Cambridge 1909; L. Laurent, Les Progrès de la paléobotanique angiospermique dans la dernière décade. Progressus rei botanicae I, 1907, S. 319.

in ihrer Körperbeschaffenheit und Lebensweise, teils in den Bedingungen, unter welchen sich versteinerte Reste oder Abdrücke derselben erhalten können. Diese biologischen und geologischen Ursachen, welche die paläontologische Urkunde der Biogenetik in hohem Maße unvollständig erscheinen lassen, und die den Paläontologen seit langem bekannt und geläufig sind, stellt Haeckel in übersichtlicher Weise zusammen; ebenso die allgemeinen Schlüsse, welche sich als positive Resultate von höchstem biogenetischem Werte aus der kritischen Vergleichung der paläontologischen Tatsachen ergeben. Mit dieser Übersicht, dem Ergebnis einer etwa zweihundertjährigen Entwicklung der Paläontologie, sei dies Kapitel beschlossen[24]):

1. In der Regel können sich nur Skelette, feste und unverwesliche Körperteile in fossilem Zustande erhalten; Abdrücke von Weichteilen sind seltene Ausnahmen. Daher fehlt uns fast alle Kunde von den skelettlosen, weichen Pflanzen und Tieren, die früher gelebt haben, ebenso von ihren zarten Embryonen und Jugendzuständen. Aber auch von jenen Organismen, die Skelette besaßen, kennen wir meistens nur diese Hartgebilde selbst, dagegen nicht die Form und Struktur ihrer Weichteile.

2. Die Lebensweise der Pflanzen und Tiere bedingt unmittelbar die Möglichkeit ihrer Erhaltung. Die große Mehrzahl aller Versteinerungen gehört meerbewohnenden Organismen an; viel geringer ist die Zahl von fossilen Resten der Süßwasser-Bewohner, noch mehr des Festlandes.

3. Die Bedingungen, unter welchen der Einschluß einer organischen Form in eine Schlammschicht und ihre gute Erhaltung in dem daraus entstehenden Sediment-Gestein möglich ist, sind an und für sich schon so verwickelt, daß die vollkommene Erhaltung relativ selten ist.

4. An vielen Stellen ist diese Erhaltung unmöglich, weil entweder der grobkörnige Schlamm (z. B. im Sandstein) dazu untauglich ist, oder die Bewegung des Wassers (z. B. die Brandung an einer sich erhebenden Küste) die kaum gebildeten Sedimente sofort wieder zerstört.

---

[24]) Vgl. dazu außerdem: E. Haeckel, Fünfzig Jahre Stammesgeschichte, 1916; K. Diener, Paläontologie und Abstammungslehre, 1910; Ch. Depéret, Die Umbildung der Tierwelt, deutsch von R. N. Wegner, 1909; E. Koken, Die Vorwelt und ihre Entwicklungsgeschichte, 1893; J. Walther, Geschichte der Erde und des Lebens, 1908; E. Stromer von Reichenbach, Lehrbuch der Paläozoologie, 1909; W. Gothan, Die Entwicklung der Pflanzenwelt, 1909; ferner die paläontologischen Artikel im Handwörterbuch der Naturwissenschaften, 1912—1915.

5. In vielen und wichtigen Sedimenten (z. B. allen archozoischen Ablagerungen unter dem Kambrium) sind nachträglich durch Metamorphose des Gesteins und durch andere Ursachen alle darin enthaltenen Versteinerungen zerstört worden.

Aus diesen und anderen Gründen ergibt sich, daß sehr viele Organismen, die auf unserer Erde gelebt haben, überhaupt keine oder nur sehr spärliche fossile Spuren hinterlassen haben. Über die meisten Urtiere, Medusen, Würmer, die Manteltiere und sehr viele Polypen und Moostierchen, die zum Teil für die Biogenesis von höchster Wichtigkeit sind, vermag uns die Paläontologie nur sehr wenig oder nichts zu sagen. Um so erfreulicher sind die positiven Ergebnisse der Paläontologie, die Haeckel in folgenden Sätzen zusammenfaßt:

1. Die organische Erdgeschichte oder die Biogenesis, welche vom Beginn des organischen Lebens auf unserem Planeten bis zur Gegenwart verflossen ist, kann vernünftigerweise nur als ein ununterbrochener Entwicklungs-Prozeß gedacht werden.

2. Diese kontinuierliche Entwicklung der organischen Welt offenbart sich in einem langsamen Wechsel der Lebensformen, welcher auf einer allmählichen (zeitweise oft beschleunigten) Umbildung der organischen Arten beruht.

3. Diese Arten oder Spezies, als Formengruppen von relativer Konstanz, haben daher eine beschränkte Existenzdauer; ihre Abarten, Varietäten oder Mutationen werden selbst wieder zu neuen Arten.

4. In gleicher Weise sind auch die Arten, welche in jeder Periode der Erdgeschichte lebten, aus älteren Arten der vorhergehenden Perioden durch Umbildung entstanden, und dasselbe gilt von den umfassenderen Artengruppen, welche wir als Gattungen, Familien, Ordnungen usw. künstlich unterscheiden.

5. Somit kann in vielen Fällen, wenn die fossilen Reste verwandter Artengruppen in den übereinanderliegenden Sediment-Schichten wohl erhalten sind, einfach durch kritische Verknüpfung ihrer Verwandtschaftslinien die gemeinsame Abstammung der Formengruppen erkannt und ihr Stammbaum konstruiert werden (z. B. bei paläozoischen Echinodermen, mesozoischen Mollusken, tertiären Säugetieren).

6. Auch für die historische Sukzession der Hauptgruppen (im Pflanzenreich ebenso wie im Tierreich) liefert die Paläontologie höchst wichtige Daten; daher können wir das paläozoische Zeitalter als das der Farne und Fische bezeichnen, das mesozoische Zeitalter als das

der Gymnospermen und Reptilien, das känozoische als das der Angiospermen und Säugetiere.

7. Die Zahl der Tier- und Pflanzenarten nimmt in den aufeinanderfolgenden Zeitabschnitten der Erdgeschichte beständig zu, ebenso ihre Mannigfaltigkeit und die Vollkommenheit ihrer Organisation. Die paläontologischen Tatsachen bestätigen somit empirisch die beiden großen Gesetze der Differenzierung und Vervollkommnung der organischen Welt, die sich theoretisch aus der Deszendenz- und Selektionstheorie ergeben.

Die erdgeschichtliche Differenzierung und Vervollkommnung der Organismen ergibt sich am besten aus der folgenden tabellarischen Übersicht:

I. **Archozoisches Zeitalter** (Laurentium und Cambrium). Biogenetische Urzeit. Ära der Algen und Wirbellosen. Landpflanzen und Landtiere fehlen, ebenso sämtliche Wirbeltiere.

II. **Paläozoisches Zeitalter** (Silur, Devon, Carbon und Perm). Biogenetisches Altertum. Ära der Farne und Fische; einzelne Gymnospermen. Die Insekten beginnen im Carbon, die Wirbeltiere mit ältesten Fischen im Devon, Amphibien im Carbon, Reptilien im Perm.

III. **Mesozoisches Zeitalter** (Trias, Jura, Kreide). Biogenetisches Mittelalter. Ära der Gymnospermen und Reptilien. In der Kreide die ersten Angiospermen (Monocotyledonen und Dicotyledonen), im Jura die ersten Vögel, in der Trias die ersten Säugetiere.

IV. **Känozoisches Zeitalter** (Tertiär und Quartär). Biogenetische Neuzeit. Ära der Angiospermen und der Säugetiere. Reiche Entwicklung der Monocotyledonen und Dicotyledonen, sowie der Säugetiere aus primitiven Kollektiv-Typen.

---

16. Kapitel.

Ontogenesis.

Die Entwicklung der organischen Individuen.

Mit wenigen Ausnahmen verstand man bis über die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts hinaus unter „Entwicklungslehre" oder „Entwicklungsgeschichte" nichts anderes als die deskriptive Embryologie des Menschen, höchstens noch den Verlauf und die Darstellung der individuellen Entwicklung der Tiere und der Pflanzen. Auch die neuesten Hand- und Lehrbücher der Embryologie bezeichnen sich noch als „Hand- oder Lehrbuch der Entwicklungslehre" oder der „Entwicklungsgeschichte"[1]. Demgegenüber wies Ernst Haeckel im Jahre 1866 darauf hin, daß die individuelle Entwicklungsgeschichte nur ein Teil, ein Zweig der Entwicklungsgeschichte überhaupt sei, dem als anderer koordinierter Teil die Entwicklungsgeschichte der Stämme, die Phylogenie gegenüberstehe. Und da der Ausdruck „Embryo" vernünftigerweise nur den Organismus innerhalb der Eihülle bezeichnen kann, die „Embryologie" also nur einen Teil der individuellen Entwicklungsgeschichte bezeichnet — τὸ ἐντὸς τῆς γαστρὸς βρύον, das im Mutterleib wachsende — so schlug Haeckel für diese die Bezeichnung „Ontogenie" vor und definierte sie als die Wissenschaft von den Formenveränderungen, welche die Bionten oder physiologischen Individuen während der ganzen Zeit ihrer individuellen Existenz durchlaufen, von ihrer Entstehung an bis zu ihrer Vernichtung. Die Aufgabe der Ontogenie sei mithin die Erkenntnis und die Erklärung der individuellen Formenveränderungen, d. h. die Feststellung der bestimmten Naturgesetze, nach welchen die Formveränderungen der morphologischen Individuen erfolgen[2].

---

[1]) Vgl. die Lehrbücher von Hertwig, Bonnet, Kollmann, Triepel, Korschelt und Heider. — [2]) Generelle Morphologie II, 1866, S. 1.

Später erweiterte Haeckel den Begriff der Ontogenie zur Entwicklungsgeschichte der Individuen in jeder Hinsicht, nicht nur ihrer Form, sondern auch ihrer Funktionen.

Der Weg der Ontogenie war lang und langwierig, und die ihr von Haeckel zugeteilte Aufgabe ist auch jetzt noch nicht erfüllt. Auch hier führt das Endliche ins Unendliche.

Aus dem altindischen Atharvaveda teilt Paul Deußen eine sehr einfache und schematische Ontogenie des Menschenwesens mit[3]). Aus der Paarung zur Zeit der Periode, heißt es da, entsteht nach einer Nacht ein Knötchen, nach sieben Nächten eine Blase, innerhalb eines halben Monats ein Klumpen, innerhalb eines Monats wird er fest, nach zwei Monaten entsteht der Kopf, nach dreien die Fußteile, im vierten Fußknöchel, Bauch und Hüften, im fünften das Rückgrat, im sechsten Mund, Nasen, Augen, Ohren, im siebenten wird der Embryo mit der Seele ausgestattet, im achten ist er in allen Stücken vollständig. Immerhin scheinen dieser Darstellung doch Beobachtungen zugrunde zu liegen, die sich auf den Fortschritt der Entwicklung richteten.

Die ersten schwachen Anfänge einer wissenschaftlichen Ontogenie treffen wir in Griechenland[4]). Von dem Arzt Alkmaeon aus Kroton wissen wir, daß er den Eidotter für den Bildungsstoff, das Eiweiß für das Nährmittel des Hühnchens ansah; er hat also offenbar die Entwicklung des Hühnchens im Ei studiert. „Mit Embryologie finden wir überhaupt fast jeden der älteren Naturphilosophen beschäftigt" (R. Burckhardt). Die pseudohippokratische Abhandlung „De natura pueri" konstatiert, daß die Entwicklung bei allen Tieren und Pflanzen analog, teilweise sogar identisch sei. Daher müsse die Entwicklung des Hühnchens im Ei auch Aufschlüsse über die Entwicklung anderer Tiere, z. B. des Menschen liefern. „Wenn man, so heißt es wörtlich, einer Henne 20 oder mehr Eier unterlegt und, vom zweiten Tag angefangen bis zum letzten, an welchem das Junge aus dem Ei kriechen wird, täglich ein Ei wegnimmt und öffnet, so wird man alles meiner Beschreibung entsprechend finden, soweit man einen Vogel mit einem Menschen vergleichen kann."

Aristoteles beschäftigte sich eingehend mit der Zeugung und

---

[3]) Sechzig Upanishaden, S. 605. — [4]) Vergleiche zum folgenden: B. Bloch, Die geschichtlichen Grundlagen der Embryologie bis auf Harvey. Nova Acta LXXXII, 1904, Nr. 3. Auch Buffon, Allgemeine Naturgeschichte. Deutsch, 3. Teil, Berlin 1771, 5. Kapitel.

Entwicklung der Tiere, und seine Schrift darüber[5]) berichtet Tatsachen, die uns erst im neunzehnten Jahrhundert wieder bekannt geworden sind. Aber Aristoteles begnügte sich nicht mit der Aufzählung von Tatsachen, er begründete auch eine Theorie der Ontogenesis. Die Entwicklung des Keimes wird, so stellt er fest, durch den Befruchtungsakt angeregt, und sie wird nicht von äußeren Einflüssen, sondern ausschließlich durch die Natur des Keimes bestimmt. „Die Entstehung und Entwicklung richtet sich nach dem Wesen und ist um des Wesens willen, nicht aber dieses nach der Entstehung“. Die „alten“ Naturforscher, berichtet Aristoteles, waren anderer Meinung.

Der Embryo besitzt nach Aristoteles in der ersten Zeit nur die allgemeinen Eigenschaften eines Tieres, erst nach und nach kommen die Art- und individuellen Eigenschaften hinzu. „Das Tierwerden und Menschwerden, das Tierwerden und Pferdwerden ist nicht beides gleichzeitig, und ebenso bei allen anderen Tieren; denn das Ziel der Vollendung wird zuletzt erreicht, und das Ziel der Entwicklung eines jeden ist das ihm Eigentümliche“. Nach mehr als zweitausend Jahren entdeckte Carl Ernst von Baer, der größte Ontogenetiker des 19. Jahrhunderts, dieselbe Wahrheit.

Von Aristoteles erfahren wir auch, daß einige der alten Naturforscher zu bestimmen versucht haben, in welcher Reihenfolge die Teile der Tiere nacheinander entstehen. Er selbst entscheidet sich dahin, daß in dem Keim des Tieres gewissermaßen alle Teile der Anlage nach enthalten seien, die Hand, das Gesicht, das ganze Tier ist „auf unbestimmte Weise“ vorhanden; zuerst aber bilde sich das Herz aus, das punctum saliens, der „springende Punkt“ späterer Autoren.

Galenos (131—210 n. Chr.) unterschied in seiner Schrift „über die Bildung der Frucht“ vier Entwicklungsperioden. Während der ersten bewahrt die Frucht noch das weißliche Aussehen des Samens und heißt deshalb genitura (γονή). Organe sind in dieser Zeit noch nicht ausgebildet. Die zweite Periode beginnt mit dem Einströmen des Blutes. Die Frucht wird gleichartiger und fester. Herz, Gehirn und Leber haben aber noch nicht ihre gehörige Beschaffenheit erlangt. Die Frucht dieses Stadiums wird Foetus (κύημα) genannt. In der dritten Periode treten Herz, Leber und Gehirn schon deutlich hervor, die übrigen Teile aber erst in groben Umrissen. In der vierten Periode

---

[5]) Griechisch und deutsch von Aubert und Wimmer, 1860.

endlich sind alle Teile wohl ausgebildet, die Gelenke funktionieren, die Frucht bewegt sich und wird als puer (παιδίον) bezeichnet. Aristoteles' Lehre vom Primat des Herzens gegenüber behauptet Galen unter heftiger Polemik gegen die „Philosophen" den Primat der Leber.

Mit Galen schließt die Ontogenie des Altertums ab. Was sich nach ihm bis zum 16. Jahrhundert von Entwicklungsgeschichte in naturphilosophischen und medizinisch-anatomischen Werken vorfindet, ist bestenfalls eine mehr oder minder genaue Wiedergabe dessen, was die Schriften der alten Ärzte und Naturforscher überliefert hatten. „Zunächst geht sogar das schon gewonnenene Gut im allgemeinen Verfall der Kultur und des wissenschaftlichen Sinnes verloren, und es bedarf mühseliger Arbeit, um nur das wieder zu erobern, was bessere Zeiten längst errungen hatten" (Bloch).

Im 16. Jahrhundert begründeten Vesalius, Fallopio und Eustachius die Anatomie aufs neue, indem sie durch eigene Forschungen den Bau des menschlichen Körpers zu erkennen suchten. Mit schüchternen Versuchen folgte die Ontogenie nach. Gabriele Fallopio (1523—1562) verfolgte die Bildung des Knochensystems. Er stellt fest, daß die meisten Knochen des Embryo knorpelig vorgebildet werden, daß sich das Brustbein ursprünglich aus mehreren Stücken zusammensetzt, daß die Zähne aus häutigen Follikeln durch allmähliche Verknöcherung hervorgehen. Bartolomeo Eustachio († 1574) studierte an menschlichen Fehlgeburten und an Ziegenembryonen die Entwicklung der Zähne. Ulisse Aldrovandi (1522—1605) und sein Schüler Volcher Koyter (1534—1600) beobachteten zuerst wieder systematisch, Tag für Tag, die Entwicklung des Hühnchens im Ei und versuchten eine Darstellung davon zu geben. Fabricius ab Aquapendente (1537—1619), der zwei ontogenetische Schriften verfaßte,[6]) stellte eine gewisse Reihenfolge in der Entstehung der Organe fest. Gleichsam als Fundament des Körpers entstehe zuerst das Knochensystem, anfangs häutig und weich. Gleichzeitig entstehen Gehirn und Rückenmark, danach die vegetativen Systeme, Herz, Leber, Lunge, Gefäße, zuletzt die Gliedmaßen. Die Bildung dieser Teile vollzieht sich nach Fabricius unter dem Einfluß verschiedener Spezialkräfte, einer facultas generatrix, formatrix, attractrix, concoctrix, expultrix usw., die gleich den Sondergöttern Griechenlands und Roms immer nur einer besonderen Funktion vorstehen.

[6]) De formato foetu, 1600, und de formatione foetus, 1604.

Costanzo Varolio (1543—1572) bemerkte Zahnanlagen schon bei jungen Embryonen und bestritt infolgedessen, daß die einzelnen Organe nacheinander entständen; alles entstehe vielmehr zu gleicher Zeit. Ein so kleiner Körper wie der menschliche Embryo könne sehr wohl in allen seinen Teilen ausgebildet sein, ohne daß wir es bemerken, sei uns doch auch die Organisation der kleinen Lebewesen unzugänglich. Die später so beliebte Präformationstheorie taucht hier zum erstenmal auf.

Wahrscheinlich durch Fabricius ab Aquapendente erhielt William Harvey (1578—1657) seine ersten Anregungen zu ontogenetischen Untersuchungen. 1651 erschienen seine epochemachenden „Exercitationes de generatione animalium", in denen im Anschluß an Aristoteles die bedeutsamen Begriffe der Metamorphose und der Epigenesis behandelt werden. Harvey bemerkt, daß etwas aus einem andern auf zweierlei Weise werden kann, sowohl in der Kunst, als auch in der Natur, und hier besonders in der Erzeugung der Tiere. Entweder entsteht es aus einem schon Existierenden, wie das Bett aus Holz, die Statue aus einem Stein. Hier ist der gesamte Stoff des künftigen Werkes schon vorhanden, bevor er in eine Form gebracht wird oder das Werk begonnen wurde. Bei der zweiten Art wird die Materie, indem sie geformt wird. Jedes Kunstwerk wird auf die eine oder die andere Weise vollendet, entweder so, daß der Künstler eine schon vorhandene Materie zerschneidet, zerteilt und das Überflüssige wegnimmt, bis das Bild übrig bleibt, oder so, wie der Töpfer ein ebensolches Bild aus Lehm formt, indem er hinzufügt, vermehrt und bildet und zugleich das Material zubereitet, vorbereitet, anpaßt und verwendet. So auch in der Erzeugung der Tiere. Einige werden aus schon vorhandenem Material gebildet und umgebildet (transfigurantur), und alle Teile entstehen zugleich, d. h. in gleichem Fortschritt, und als verschiedene Teile des Ganzen auf dem Wege der Umwandlung (per metamorphosin). Einige aber, deren Teile einer nach dem andern gebildet wird, werden nachher aus demselben Material zugleich ernährt, vergrößert und gebildet. Ihr Aufbau nimmt seinen Anfang von einem Teil aus, gleichsam seinem Ursprung, und mit Hilfe (ope) desselben kommen alle übrigen hinzu. Diese Tiere nennen wir auf dem Wege der Epigenesis entstanden, d. h. ein Teil entsteht nach dem andern und auf dem andern. Und das ist es eigentlich, was man Erzeugung (generatio) nennt.

In der ersten Weise findet nach Harvey die Erzeugung der Insekten statt. Hier entsteht auf dem Wege der Metamorphose aus dem Ei ein

Wurm. Oder es entstehen zunächst aus faulendem Stoff Primordien, aus denen auf dem Wege der Metamorphose ein Schmetterling oder eine Fliege in voller Größe entsteht. Vollkommnere Tiere aber, Bluttiere, entstehen durch Epigenesis, ihre Teile bilden sich nach und nach und nacheinander, und nachdem diese Tiere geboren sind, wachsen sie immer noch, bis sie ihre volle Größe erreicht haben. Bei der Erzeugung „per metamorphosin sive transformationem" wird ein Ganzes in Teile geteilt und verteilt; bei der Erzeugung „per epigenesin" wird ein Ganzes nach einer bestimmten Ordnung aus Teilen zusammengesetzt und aufgebaut (p. 123).

Die Präformations-Theorie.

Johann Swammerdam (1637—1685), der berühmte Verfasser der berühmten „Bibel der Natur", die 1752 von Boerhave herausgegeben wurde, untersuchte besonders die Entwicklung der niederen Tiere, die bis zu ihm fast völlig vernachlässigt worden waren. Da er den Schmetterling nicht nur schon in der Puppe, sondern sogar schon in der Raupe vorgebildet fand, befestigte sich in ihm die Überzeugung, daß alle Teile schon im Ei ausgebildet vorhanden seien. Die Entwicklung der Wesen war für ihn nur ein Sichtbarwerden dessen, was von Anfang an schon vollkommen fertig vorhanden, vorgebildet, präformiert war: mutatio = accretio. Es erscheint ihm somit wahrscheinlich, daß alle Erdbewohner in den Lenden ihrer ersten Voreltern eingeschlossen gewesen sind. Unter Metamorphose (transformatio, transmutatio) versteht er die plötzliche Umwandlung einer Art in die andere, wie wenn etwa ein Wolf ein Schaf, ein Adler eine Taube erzeugen sollte.

Oskar Hertwig[7]) weist treffend darauf hin, daß die Ausbildung der Präformationstheorie, wie wir sie bei Swammerdam wie schon früher bei Varolio finden, durch die Mangelhaftigkeit der Untersuchungsmittel begünstigt worden ist. Jenen Untersuchern standen Scheren und Nadeln und höchstens noch einfache Lupen zur Verfügung. Zu der Zeit aber, wo die Keime damit analysiert werden können, besitzen sie schon alle Organe in wesentlich derselben Weise wie die ausgebildeten Tiere. Die eigentlichen Entwicklungsvorgänge spielen sich schon vor dieser Zeit ab und sind nur durch mikroskopische Technik nachzuweisen.

---

[7]) Handbuch der vergleichenden und experimentellen Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere, Bd. I, 1901, S. 2.

Die durch Swammerdam begründete Präformations-Theorie wurde von einigen Philosophen begeistert aufgenommen und weitergebildet, so von Malebranche und Leibniz. Wenn man, sagt Malebranche in seinem geistreichen Werke ,,De la recherche de la verité" (1674), im Winter den Keim einer Tulpenzwiebel untersucht, so entdeckt man sehr leicht die Blätter, die später grün werden, die späteren Blumenblätter, den dreikantigen Teil, der den Samen einschließt, und die sechs kleinen Säulchen, die ihn umgeben. Man kann also nicht daran zweifeln, daß der Keim einer Tulpenzwiebel eine ganze Tulpe enthält. Man kann mit einiger Wahrscheinlichkeit sagen, daß alle Bäume, alle Pflanzen im Kleinen in ihren Samen enthalten sind. Da aber diese Miniatur-Bäume selbst auch wieder Samen enthalten, die wiederum noch kleinere Bäumchen einschließen, so kann man sagen, daß in einem einzigen Keim unendlich viele Bäume stecken. Eben dasselbe läßt sich von den Tieren und ihren Keimen sagen. In einem frischen Hühnerei, das noch gar nicht bebrütet ist, sieht man ein Hühnchen, das vielleicht schon vollkommen ausgebildet ist, in Froscheiern sieht man Frösche, und so wird man es bei allen Tieren finden, wenn man genug Geschick und Erfahrung hat. Aber der Geist sieht noch weiter als das Auge. Wir müssen annehmen, daß alle Menschen und alle Tiere die im Laufe der Jahrhunderte geboren wurden und noch werden, vielleicht bei der Erschaffung der Welt hervorgebracht wurden, das heißt, daß die Weibchen der ersten Tiere geschaffen worden sind mit allen denjenigen derselben Art, die sie erzeugt haben, und die sie in der Folge der Zeiten noch hervorbringen werden.

Damit war nun glücklich auch die Ontogenie in den Bereich der Schöpfungslehre gezogen; auch die Entwicklung κατ' ἐξοχην sollte keine Entwicklung mehr sein, sondern höchstens eine Entfaltung (evolutio) dessen, was ,,von Anfang an" von Gott geschaffen war. ,,Nichts entsteht, was nicht ursprünglich völlig gebildet ist" (Bonnet).

Die Präformations-, Einschachtelungs- und Evolutions-Theorie beherrschte die Ontogenie mehr als hundert Jahre lang. Auch Marcello Malpighi, der in der Zoologie wie in der Botanik Vorzügliches leistete, nahm sie an; ebenso Vallisneri, der viele ontogenetische Beobachtungen machte. Hatten Swammerdam und Malebranche behauptet, daß das vorgebildete Wesen im Ei enthalten sei, so sahen nach der Entdeckung der Samentierchen durch Ludwig Ham und Leeuwenhoek (1677) Hartsoeker, Dalempatius und noch 1750

der Maler Gautier in den Samentierchen kleine Miniaturmenschen und -tiere. Das Ei sollte nur der Nährboden für das wachsende Samentierchen sein. Auch der Streit zwischen diesen „Animalkulisten“ und jenen „Ovulisten“ dauerte bis zum Untergang der Präformationstheorie.

Begünstigt wurde diese durch die sogenannten „Antezipationen“ oder vorzeitigen Entwicklungen. Es kommt zuweilen vor, daß Vogeleier ein zweites, vollständig ausgebildetes Ei mit Schale enthalten, und die sogenannten „schwangeren Orangen“ werden verhältnismäßig häufig angetroffen. Die Entdeckung der Parthenogenesis oder „Jungfernzeugung“ durch Bonnet (1740) gab der Präformations- und Einschachtelungslehre eine neue Stütze. Bonnet fand, daß die Blattläuse sich während des größten Teils der wärmeren Jahreszeit ohne jede Mitwirkung eines Männchens fortpflanzen, indem immer nur Weibchen entstehen, die nach wenigen Tagen Eier legen, aus denen wieder nur Weibchen entstehen usw. Diese Entdeckung einer vollkommen richtigen Tatsache schien zugleich ein Beweis dafür zu sein, daß die Tiere tatsächlich im Ei vorgebildet seien. Die Ovulisten triumphierten. Dazu erschien 1748 in den Annalen der Kaiserlich Leopoldinischen Akademie zu Weißenfels „D. C. Ottonis Epistola de foetu puerpera seu de foetu in foetu“, herausgegeben von dem namhaften Leibmedicus Clander[8]), worin beschrieben wurde, wie eine Müllersfrau mit einem bereits in guter Hoffnung befindlichen Kinde niedergekommen sei. „Acht Tage danach wird das kleine dickleibige Mädchen mit großen Wehtagen und Unruhe befallen, sehr weinend und ängstlich, daß alle die Umstehenden nicht anders vermeint, als es würde im Nu sterben. Inmittelst gebiert das kranke Kind ordentlicherweise ein artiges, vollständiges Töchterlein in der Länge des mittleren Fingers, welches auch getauft worden.“

Die Animalkulisten spielten demgegenüber einen in den Schriften der Pariser Akademie der Wissenschaften an die Öffentlichkeit gebrachten Abbé aus, dem, nachdem er „mitten in einem Versuche über das Zeugungsgeschäft sehr zur Unzeit unterbrochen“, hernach ein verhärtetes Knäblein aus dem Leibe geschnitten werden mußte — on y distinguoit la tête, les pieds et les yeux.

Der bedeutendste Anatom und Physiolog des 18. Jahrhunderts, Albrecht von Haller (1708—1777), der die Bildung des Hühnchens und des Schafes untersucht hatte, schloß sich nach einigem Schwanken

[8]) Zit. von Blumenbach in seiner Schrift über den Bildungstrieb und das Zeugungsgeschäft 1781.

der Präformationslehre an. In seinen „Elementen der Physiologie‘ (1778), der großartigen Zusammenfassung des physiologischen Wissens seiner Zeit, erklärte er: „Kein Teil des tierischen Körpers ist vor dem andern da, alle sind zugleich erschaffen worden. Nulla est adhoc epigenesis — es gibt überhaupt keine Epigenesis. Partes animalis non noviter formantur, sed transeunt ex statu obscuro in conspicuum.“ Im Ovarium der Eva oder im Hoden des Adam — hier trifft Haller keine Entscheidung — seien die Keime aller Menschen, die ehemals und so lange die Welt dauere auf der Erde lebten und leben werden, enthalten und eingeschachtelt gewesen. Er berechnete ihre Zahl auf 200000 Millionen. Bonnet[9]), der sich der Einschachtelungslehre mit besonderer Liebe annahm, stellte sich „mit dem Gefühl einer geheimen Zufriedenheit in dem Schoße der Ämilia den Keim des Helden vor, der nach einigen Jahrtausenden ein mächtiges Reich aufrichtet, oder noch lieber des Weltweisen, der alsdann der Welt die Ursache der Schwere, das Geheimnis der Zeugung und die Mechanik unseres Wesens erklären wird.“

Bemüht, die Bildung und Umbildung organischer Naturen aufzuklären, klagt Goethe noch 1792 darüber, „daß die starre Vorstellungsart, nichts könne werden, als was schon sei, sich aller Geister bemächtigt habe. Die Einschachtelungslehre schien so plausibel, und die Natur mit Bonnet zu kontemplieren höchst erbaulich“[10]). In seiner Abhandlung „über den Bildungstrieb“ (1820) kennzeichnet er seinen kritischen Standpunkt in den Worten: „Evolution und Epigenese scheinen Worte zu sein, mit denen wir uns nur hinhalten. Die Einschachtelungslehre wird freilich einem Höhergebildeten bald widerlich; aber bei der Lehre eines Auf- und Annehmens wird doch immer ein Aufnehmendes und Aufzunehmendes vorausgesetzt, und wenn wir keine Präformation denken mögen, so kommen wir auf eine Prädelineation, Prädetermination, auf ein Prästabilieren, und wie das alles heißen mag, was vorausgehen mußte, bis wir etwas gewahr werden.“

Auch die Ontogenie Goethes ist analytisch, wie sein Entwicklungsbegriff überhaupt. Sie geht aus von einem ursprünglichen Ganzen, von einer „geprägten Form, die lebend sich entwickelt“, und deren Gang durch äußere Umstände mehr oder weniger modifiziert, aber im Grunde nicht verändert werden kann. Seine ontogenetischen Spezial-

[9]) Betrachtung über die Natur. Deutsch von Titius, 2. A. 1772, S. 157. — [10]) Kampagne in Frankreich. Pempelfort.

untersuchungen erstrecken sich auf Pflanzen und Tiere; sie dienen ihm zur Klarlegung der Metamorphose bei Pflanzen und Insekten, zur Auffindung von Teilen, die nach der Idee vom Einheit des Typus vorhanden sein müßten, aber nur in embryonalen oder jugendlichen Stadien getrennt, im erwachsenen Zustand aber mit benachbarten verschmolzen sind. So fand er den menschlichen Zwischenkiefer.

Erasmus Darwin (1731—1802), der Großvater von Charles Darwin, bekämpfte in seiner „Zoonomie" (1794) die Präformations- und Einschachtelungslehre mit gewichtigen Gründen.[11]) Er führt an, daß manche Tiere, wie die Krebse, ganze Glieder, die sie verloren hatten, regenerieren können, daß in manchen Krankheiten (Krebs, Überbein) neue Teile hervorgebracht würden, daß Bastarde Ähnlichkeit mit dem Vater- und Muttertier haben und also unmöglich im Ei oder Samen vorgebildet sein konnten. Er stellt sich vor, daß der Uranfang des Embryos aus dem Blute des Vaters abgesondert werde. Er sei nichts als ein lebendiges „Filament" wie eine Muskelfiber. Durch den Reiz der Flüssigkeit, in welche das Filament gelange, werde es veranlaßt, sich in einen Ring zu krümmen und so den Anfang einer Röhre zu bilden. Durch Wachstum dieser Röhre und Auswachsen der Teile bilde sich sodann der Embryo.

Die Epigenesis-Theorie.

Tatsächlich war die Präformations- und Evolutionstheorie schon im Jahre 1759 überwunden worden, durch Caspar Friedrich Wolff (1733—1794), der in seiner „Theoria generationis" aus diesem Jahre die Grundlage der neueren Ontogenie schuf[12]). Klarer noch als in dieser seiner lateinischen Dissertation entwickelte Wolff seine theoretischen Gesichtspunkte in der deutschen Schrift „Theorie von der Generation" (1764). Hier stellt er der Evolutionstheorie seine Epigenesistheorie scharf gegenüber. Es ist, wie er es auffaßt, prinzipiell derselbe Gegensatz, den wir heute mit den Worten Schöpfung und Entwicklung bezeichnen. Schon in der „Theoria generationis" bekennt Wolff (§ 71, Anm. 2): „Es kam mir vor allem darauf an, die Prinzipien und allgemeinen Gesetze der Entwicklung erfahrungsmäßig zu finden, außerdem aber zu zeigen, daß die ausgebildete Pflanze nicht ein Ding sei, zu dessen

[11]) Zoonomie oder Gesetze des organischen Lebens. Deutsch von J. D. Brandis, II. Abt., S. 432. — [12]) Theoria generationis. Deutsch von Samassa. Ostwalds Klassiker der exakten Naturwissenschaften Nr. 85.

Hervorbringung die Naturkräfte unzureichend seien, welche vielmehr die Allmacht eines Schöpfers bedürfe. Haben wir dies einmal eingesehen, so steht nichts im Wege, dasselbe auch für die übrigen organischen Naturkörper anzunehmen.“ In der „Theorie von der Generation“ heißt es: „Evolution heißt im generellen Verstande ein Phänomen, welches in der Natur entsteht, eine Zeit lang dauert und wieder aufhört, welches aber nicht durch natürliche Ursachen produziert, sondern vielmehr unmittelbar von Gott, und zwar zur Zeit der Schöpfung, schon erschaffen, die Zeit aber, ehe es zum Vorschein gekommen, unsichtbar gewesen, alsdann aber, da es erschienen ist, eigentlich nur sichtbar geworden ist. Die Art, wie es eine zeitlang unsichtbar gewesen, hernach sichtbar geworden sei, mag sein welche sie wolle. Es mag vorher zu klein, es mag durchsichtig gewesen, hernach aber in ein größeres Volumen ausgedehnt oder undurchsichtig geworden sein, oder es mag noch auf eine andere Art geschehen sein“. Dergleichen Evolution, behauptet Wolff, findet sich in der ganzen Natur nicht, und er weist nach, daß Malpighi, Bonnet und die andern Evolutionisten einer Täuschung unterlagen, als sie die Entwicklung im Sinne einer Evolution deuteten. Er selbst nimmt sich vor, die natürlichen Ursachen der Entwicklung aufzuzeigen. Er steht auf dem Standpunkt, daß die Natur eine lebendige Natur sei, die durch ihre eigenen Kräfte unendliche Veränderungen hervorbringe. „Alle Erscheinungen, die in der Welt stattfinden, werden durch physische Ursachen im genauesten und vollständigsten Verstande produziert oder hervorgebracht.“

Nach Wolffs Theorie bilden sich die Teile der Pflanzen so, daß zuerst ihre Substanz entsteht, die eine einfache Mischung ist und keinerlei innere organische Struktur besitzt. In dieser Substanz werden Gefäße und Bläschen gebildet, indem die neu abgelagerte Substanz durch nachströmende Flüssigkeit zu Kanälen und kleineren Hohlräumen ausgedehnt wird, die sich vervollkommnen und schließlich die Pflanze zusammensetzen. Wachstum ist Neubildung homogener Substanz, die als Absonderung schon vorhandener Organe entsteht, und Umbildung dieser Substanz in Bläschen und Gefäße. Die letzte Ursache des Wachstums ist die Ernährung.

Wie für die Pflanzen, so weist C. F. Wolff auch für die Tiere nach, daß dieselben im Keim nicht präformiert sind, sondern ihre ausgebildete Gestalt allmählich erlangen. Die Teilchen, welche alle tierischen Organe bei ihrer ersten Anlage zusammensetzen, seien Kügelchen, die mit

einem Mikroskop von mittlerer Vergrößerungskraft stets unterschieden werden könnten. Zweifellos meint Wolff mit seinen „Kügelchen“ die später so genannten „Zellen“. Wolff benutzt auch diese seine Entdeckung zu einem Vorstoß gegen die Präformationstheorie und ihre windigen Ausreden. „Wie könnte man, ruft er aus, also behaupten, einen Körper wegen seiner Kleinheit nicht sehen zu können, wenn doch die Teile, aus denen er sich zusammensetzt, sehr wohl zu unterscheiden sind? Niemand hat noch mit Hilfe einer stärkeren Linse Teile entdeckt, die nicht auch mit Hilfe einer schwächeren Vergrößerung wahrzunehmen waren. Man kann sie eben entweder gar nicht sehen, oder sie erscheinen genügend groß. Daß also Teile wegen ihrer unendlichen Kleinheit verborgen sind und dann erst allmählich hervortreten, ist eine Fabel.“ Im einzelnen wird dies von Wolff nachgewiesen an der Entwicklung der Extremitäten und der Nieren. Die verschiedenen Teile entstehen, wie er nachweist, alle einer nach dem andern. Ein jeder Teil ist ein Effekt eines andern vorher gehenden Teils und Ursache anderer, nachfolgender Teile.

In seiner Schrift über die Bildung des Darmkanals (1768), die 1812 von Johann Friedrich Meckel ins Deutsche übersetzt und erst damit allgemein bekannt wurde, bildet Wolff die Epigenesistheorie noch weiter aus. Hier zeigt er, daß der Magen und Darm des Hühnchens zuerst als flache Haut angelegt wird, ähnlich einem Pflanzenblatt, die sich dann zu einer Rinne und endlich zu einem Rohr zusammenrollt. Wolff bemerkte, daß auch die übrigen Organsysteme des Körpers in ähnlicher Weise sich blattförmig anlegen und dann zu Röhren umgestalten, bevor sie ihre endgültige Ausbildung erlangen. Damit wurde er zum Begründer der Keimblätterlehre, die in der Ontogenie bis auf den heutigen Tag eine große Rolle gespielt hat.

In dieser Schrift spricht Wolf endlich auch das „Fundamentalgesetz für die Gestaltungslehre oder Morphologie der höheren Gewächse“ aus[13]), in den Worten: „In der ganzen Pflanze, deren Teile wir beim ersten Anblick als so außerordentlich mannigfaltig bewundern, sehe ich, nachdem ich alles reiflich erwogen, schließlich nichts anderes und erkenne nichts anderes an als Blätter und Stengel (denn die Wurzel ist zum Stengel zu ziehen). Dies aber sind die unmittelbaren und zusammengesetzten Teile; die mittelbaren und einfachen Teile, aus denen sich jene zusammensetzen, sind die Gefäße und Zellen.“

[13]) A. Kirchhoff, Die Idee der Pflanzenmetamorphose bei Wolff und Goethe. 1867.

Wolff sprach damit den Grundgedanken der „Metamorphose der Pflanzen" aus, die Goethe später (1790) unabhängig und ohne Kenntnis Wolffs von neuem und eingehender als Wolff begründete[14]).

Wolffs inhaltreiche Schriften wurden im Ganzen wenig beachtet, und seine Epigenesislehre wurde zunächst von der Evolutionstheorie erdrückt, hauptsächlich infolge der großen Autorität Albrecht von Hallers, der sich den „Präformisten" angeschlossen hatte. Indessen bekämpfte auch Blumenbach in seinem berühmten Schriftchen „über den Bildungstrieb" (1781) die Präformations- und Evolutionstheorie mit scharfer Ironie; er war es, „der allen Evolutionen den ersten wahrhaft tötlichen Streich beibrachte", wie Lorenz Oken in Unkenntnis Wolffs bemerkte. Oken selbst stellte eine Zeugungstheorie auf, wie sie ähnlich schon Buffon vertreten hatte[15]). Wie dieser „lebendige Moleküle", so nahm Oken „ewige Infusorien an als unvergängliche Elemente der organischen Welt, die sich unter Aufgabe ihrer Individualität vereinigen und in ihrer Vereinigung Pflanzen und Tiere bilden". Die Zeugung ist für Buffon wie für Oken eine Synthesis, keine Analysis[16]). Ähnlich meinte später auch Serres in Frankreich, der Organismus entstehe durch Zusammenwachsen ursprünglich getrennter Elemente.

Carl Ernst von Baer.

Eine neue Epoche der Ontogenie begann im Jahre 1817 mit dem Erscheinen eines Werkes von Christian Pander über die Entwicklungsgeschichte des Hühnchens im Ei[17]). Hier sind zum erstenmal wieder die Beobachtung und Erfahrung in ihr Recht gesetzt, das sie in den Tagen der Naturphilosophie völlig verloren hatten. Der geistige Urheber dieser Richtung war Ignaz Döllinger in Würzburg (1770 bis 1841), der durch ursprünglich naturphilosophische Studien zu der Überzeugung gekommen war, daß der Schlüssel zur Erkenntnis der gewordenen Organismen, ihres Baues und ihrer Verrichtungen, in dem Werden derselben zu suchen und zu finden sei. Unter seiner Leitung untersuchten Pander und d'Alton Tausende von bebrüteten Hühnereiern, um dem Gang ihrer Entwicklung auf die Spur zu kommen. Das

---

[14]) Vgl. darüber die eingehende Monographie von A. Hansen, Goethes Metamorphose der Pflanzen, 1907. — [15]) L. Oken, Die Zeugung 1805. — [16]) Vgl. Kap. 14: Die Elementar-Organismen. — [17]) Vgl. darüber Th. Bischoff, Entwicklungsgeschichte, in Wagners Handwörterbuch der Physiologie I, 1842, S. 800—928.

wichtigste Resultat der Panderschen Untersuchungen war die Entdeckung, daß die Keimhaut des zwölf Stunden bebrüteten Hühnereies sich in zwei Schichten trennt, zwischen denen sich ein drittes anlegen sollte. „Mit der Bildung der Keimhaut", so zieht er die Summe seiner Forschungen, „ist zugleich die ganze Entwicklung des Hühnchens im Ei begründet, welche von nun an, restlos fortschreitend, nur auf diese sich bezieht; denn was auch immer Merkwürdiges in der Folge sich zutragen mag, so ist es nie für etwas anderes als eine Metamorphose dieser mit unerschöpflicher Fülle des Bildungstriebes begabten Membran und ihrer Blätter anzusehen." Allein durch den einfachen Mechanismus des Faltens bilde die Keimhaut mit den von ihr abstammenden Keimblättern den Leib und die Eingeweide des Tieres.

Die Untersuchungen Panders wurden auf breiterer Basis fortgesetzt durch Carl Ernst von Baer (1792—1876), der sehr genau die Entwicklung des Hühnchens verfolgte, aber auch die Ontogenie anderer Wirbeltiere in den Bereich seiner Forschungen zog. Sein in den Jahren 1828 und 1837 veröffentlichtes Werk mit dem Titel: „Über Entwicklungsgeschichte der Tiere. Beobachtung und Reflexion" ist „das Fundament, auf welchem die ganze moderne Entwicklungslehre ruht" (O. Hertwig). Durch Beobachtung bestätigte Baer zunächst Panders Feststellung der beiden primären Keimblätter, die er als animales und vegetatives Keimblatt bezeichnete. Jedes von ihnen spalte sich sodann wieder in zwei Schichten, das animale in die Hautschicht und Fleischschicht, das vegetative in die Gefäßschicht und Schleimschicht. Indem sich diese vier Schichten zusammenfalten, bilden sie vier Röhren, die vier „Primitivorgane" des tierischen Körpers, aus denen sich alle späteren Organe hervorbilden: aus der Hautschicht die Haut mit ihren Anhängen und das Nervensystem, aus der Fleischschicht die Rücken- und Bauchwand, aus der Gefäß- und Schleimschicht das Darmrohr mit dem Gekröse.

Wichtiger noch als diese Feststellungen sind für uns Baers Reflexionen, die er seinem Werk in Form von Scholien und Korollarien beigegeben hat. Die Präformations- und Einschachtelungslehre nennt Baer eine Hypothese, die an Unsinn grenzt (II, 6). Baer ist der Meinung, daß die organischen Körper weder vorgebildet sind, noch auch aus ungeformter Masse in einem bestimmten Moment plötzlich anschießen. Vielmehr bilde sich aus einem Homogenen, Gemeinsamen, allmählich das Heterogene und Spezielle hervor. Nicht, wie Serres

lehrte, entstehe der Organismus durch Zusammenwachsen ursprünglich getrennter Elemente, sondern alles Einzelne ist früher in einem Allgemeinen mit enthalten. Nirgends ist Neubildung im absoluten Sinne bemerkbar, sondern immer nur Umbildung. Entwicklung ist Bildung eines Allgemeinen zu einem Besonderen. Nicht die Materie, wie sie gerade angeordnet ist, sondern die Wesenheit der zeugenden Tierform beherrscht die Entwicklung. Der Keim ist das unausgebildete Tier selbst, das Hühnchen z. B. schon von Anfang an ein Hühnchen.

Von großer Bedeutung für die allgemeine Entwicklungslehre war die Feststellung Baers, daß man den Grad der Ausbildung des tierischen Körpers und den Typus der Organisation unterscheiden müsse (I, 201). Der Grad der Ausbildung bestehe in einem größeren oder geringeren Maße der Heterogenität der Elementarteile und der einzelnen Abschnitte eines zusammengesetzten Apparats, mit einem Wort: in der größeren histologischen und morphologischen Sonderung. Je gleichmäßiger die ganze Masse des Leibes ist, desto geringer ist die Stufe der Ausbildung. Je mehr das tierische Leben in seinen einzelnen Richtungen ausgebildet ist, desto heterogener sind die Elementarteile, die dieses Leben in die Erscheinung treten lassen.

Das Typus wird bestimmt durch das Lagerungsverhältnis der organischen Elemente und der Organe. Der Typus ist von der Stufe der Ausbildung durchaus verschieden, so daß derselbe Typus in mehreren Stufen der Ausbildung bestehen kann und umgekehrt dieselbe Stufe der Ausbildung in mehreren Typen erreicht wird. Als vier Haupttypen unterscheidet Baer: den peripherischen oder strahligen Typus, den gegliederten oder Langen-Typus, den massigen oder Mollusken-Typus, und den Typus der Wirbeltiere.

Der Typus jedes Tieres fixiert sich gleich anfangs im Embryo und beherrscht die ganze Entwicklung; der Embryo eines Wirbeltieres ist schon anfangs ein Wirbeltier. Dies betont Baer gegenüber der Meinung jener Naturphilosophen, Okens z. B., daß der Mensch wie überhaupt die Säugetiere in ihrer embryonalen Entwicklung alle unter ihnen stehenden Tierklassen durchlaufen müßten. Baer findet dagegen als Gesetz der individuellen Entwicklung, daß das Gemeinsame einer größeren Tiergruppe sich früher im Embryo bildet als das Besondere. Aus dem Allgemeinsten der Formverhältnisse bildet sich das weniger Allgemeine und so fort, bis endlich das Speziellste auftritt. Jeder Embryo einer bestimmten Tierform, anstatt die andern bestimmten Formen zu

durchlaufen, scheidet sich vielmehr von ihnen. Im Grunde ist also nie der Embryo einer höheren Tierform einer andern Tierform gleich, sondern nur ihrem Embryo[18]).

Baer stellt also fest, wie es schon Aristoteles behauptet hatte, daß sich aus einem allgemeinen Typus der speziellere hervorbildet. Je weiter wir in der Entwicklungsgeschichte zurückgehen, desto ähnlicher finden wir die Embryonen im ganzen wie in den einzelnen Teilen. Erst allmählich treten die Charaktere hervor, welche die größeren, und dann die, welche die kleineren Abteilungen der Wirbeltiere bezeichnen. Je verschiedener zwei Tierformen sind, um desto mehr muß man in der Entwicklungsgeschichte zurückgehen, um eine Übereinstimmung zu finden. In dem eigentlichen Keimzustand ist wahrscheinlich Übereinstimmung unter allen Embryonen, die aus einem wahren Ei sich entwickeln. Da der Keim aber das unausgebildete Tier selbst ist, so kann man nicht ohne Grund behaupten, daß die einfache Blasenform die gemeinschaftliche Grundform ist, aus der sich alle Tiere nicht nur der Idee nach, sondern historisch (d. h. tatsächlich) entwickeln.

Von Baer bis Haeckel.

Baer hatte mit solchen und ähnlichen Sätzen den Grund zu einer wahrhaft philosophischen Ontogenie gelegt, die auf exakter Tatsachenforschung ruhte. Nächst ihm war es Heinrich Rathke, dessen Arbeiten über die Entwicklung niederer Wirbel- und wirbelloser Tiere die vergleichende Ontogenie förderten. Kein Forscher hat sich, wie Kölliker betont, in der ersten Hälfte des neunzehnten Jahrhunderts eine so allseitige Einsicht in die Entwicklung der Tiere erworben wie Rathke, so daß es sozusagen kein Organ und keinen Haupttypus gab, mit dem er sich nicht beschäftigt, den er nicht in seinem Werden belauscht hätte[19]). Großes Aufsehen erregten Rathkes Entdeckung der Kiemenspalten und Kiemenbogen bei den Embryonen der Reptilien, Vögel und Säugetiere (1825), sowie seine Untersuchungen über die Umbildung des Kiemenskeletts und der Kiemengefäße (Aortenbogen) der Wirbeltiere. Durch die leisesten Übergänge sieht man hier, wie Rathke bemerkt, von den Grätenfischen bis zu dem Menschen die Formen und Typen

---

[18]) Wir kommen auf diese Probleme in dem Kapitel über das Biogenetische Grundgesetz zurück. — [19]) A. Kölliker, im Vorwort zu Rathkes „Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere“, 1861.

jener Gebilde ineinander übergehen[20]). C. Reichert zeigte, daß sich die Gehörknöchelchen der höheren Wirbeltiere aus einem Teil der Kiemenbogen (dem Kiefer- und Zungenbeinbogen) entwickeln[21]). Johannes Müller untersuchte die Bildungsgeschichte der Genitalien (1830), Wilhelm Bischoff und viele andere vermehrten die Kenntnis des ontogenetischen Tatbestandes und bestätigten die epigenetische Theorie von Caspar Friedrich Wolff. Schon 1835 konnte Valentin in seinem „Handbuch der Entwicklungsgeschichte" feststellen: „Fast alle in unserem Zeitalter tätigen und ausgezeichneten Physiologen und Anatomen haben einen Teil ihrer vorzüglichsten Bestrebungen auf die individuelle Entwicklungsgeschichte gerichtet, der gegenüber als anderseitiges Problem die Entwicklungsgeschichte der Tierwelt, die vergleichende Anatomie, steht. Beide zusammen sind die Grundlagen, auf denen jede wahre und echte Erkenntnis der Natur basiert werden muß. So zeigt sich die Idee der genetischen Beziehungen als das herrschende Element unserer heutigen physiologischen Leistungen, wie nicht minder der Gesamtheit alles wissenschaftlichen Strebens unserer Zeit". Und als allgemeinstes Ergebnis der ontogenetischen Beobachtungen und Reflexionen konstatierte Rudolf Leuckart 1853: „Unsere Kenntnisse von der Entwicklung des Embryo wie von der Bildung der Zeugungsstoffe lassen nur eine Deutung zu, und diese ist im Sinne der Epigenese"[22]).

Bis gegen die Mitte des neunzehnten Jahrhunderts war fast ausschließlich die Ontogenie der Wirbeltiere untersucht worden. Abgesehen von Untersuchungen Heinrich Rathkes über die Entwicklungsgeschichte des Flußkrebses (1829), erschien die erste größere Arbeit, in der die Ontogenie einer wirbellosen Tierform von Anfang bis zu Ende zusammenhängend verfolgt wurde, erst im Jahre 1844; es war Albert Köllikers Entwicklungsgeschichte der Cephalopoden. Dann kamen in den Jahren 1846—1854 Johannes Müllers Entdeckungen über die Ontogenie der Echinodermen, denen sich rasch eine Anzahl anderer Arbeiten über die verschiedenen Klassen der wirbellosen Tiere anschlossen. Die Lehre von den Keimblättern, die in der Ontogenie der Wirbel-

---

[20]) Anatomisch-philosophische Untersuchungen über den Kiemenapparat und das Zungenbein der Wirbeltiere, 1832. — [21]) C. B. Reichert, Über die Visceralbogen der Wirbeltiere im allgemeinen und deren Metamorphose bei den Säugetieren und Vögeln. Müllers Archiv 1837, S. 120. f. — [22]) R. Leuckart, Zeugung. In Wagners Handwörterbuch der Physiologie, Bd. III.

tiere eine so große Rolle spielte, wurde erst spät auch auf die Wirbellosen ausgedehnt. Zwar hatte schon 1849 Thomas Huxley[23]) bei den Medusen zwei Körperschichten, das äußere „Ektoderm" und das innere „Entoderm" unterschieden und die Vermutung ausgesprochen, daß sie dem animalen und vegetativen Keimblatt der Wirbeltiere entsprächen. Den empirischen Nachweis für die Richtigkeit dieser Vermutung lieferte indessen erst A. Kowalevsky, der 1867—1871 in einer Reihe von Arbeiten zeigte, daß die beiden ursprünglichen Keimblätter der Wirbeltiere auch bei den wirbellosen Tieren der verschiedensten Klassen zu finden sind. Besonders wichtig wurde seine glänzende Entdeckung, daß die Ontogenie des Amphioxus, des niedersten Wirbeltiers, und der wirbellosen Ascidien im wesentlichen die gleiche ist; die tiefe Kluft zwischen den Wirbeltieren und den Wirbellosen, die bis dahin für unüberbrückbar galt, wurde damit geschlossen.

Auf diese und andere nebst eigene Entdeckungen gestützt, entwickelte Ernst Haeckel in seiner „Monographie der Kalkschwämme" (1872) seine berühmte Gastraea-Theorie[24]). Der wesentliche Inhalt dieser Theorie, deren Ausbau sich Haeckel in mehreren „Studien zur Gastraea-Theorie" angelegen sein ließ[25]), läßt sich kurz in folgenden Worten zusammenfassen: Das ganze Tierreich zerfällt in zwei Hauptabteilungen, in die Gruppe der Urtiere oder Protozoen und die Gruppe der Gewebetiere oder Metazoen. Die Urtiere bilden niemals Keimblätter und besitzen überhaupt keine differenzierten Gewebe; sie bleiben zeitlebens Zellen. Die Metazoen (die Pflanzentiere, Würmer, Weichtiere, Stachelhäuter, Gliederfüßer und Wirbeltiere) stammen wahrscheinlich von einer einzigen gemeinsamen, aus einer Protozoenform hervorgegangenen Stammform, der Gastraea, ab. Sie bilden stets zwei primäre Keimblätter und entwickeln stets differenzierte Gewebe; diese Gewebe stammen immer nur von den beiden Keimblättern ab, welche sich von der Gastraea auf sämtliche Metazoen, vom einfachsten Schwammtier bis zum Menschen hinauf vererbt haben. Die Keimform der Metazoen, welche nur aus diesen beiden Keimblättern besteht, nannte Haeckel Gastrula. Sie tritt in der Entwicklung sämtlicher Metazoen auf, wenn auch in Anpassung an die Bedingungen der Entwicklung in mannig-

---

[23]) On the anatomy and the affinities of the Medusae. Philos. Transactions 1849, S. 425. — [24]) Monographie der Kalkschwämme, I, 464: Die Keimblätter-Theorie und der Stammbaum der Wirbeltiere. — [25]) Jenaische Zeitschrift für Medizin und Naturwissenschaft, 1873—1876.

faltigen Modifikationen. Im einfachsten und reinsten Fall ist sie ein doppelwandiger Becher mit einem Hohlraum, dem Urdarm, und einer Öffnung nach außen, dem Urmund. Die beiden Wände des Bechers sind das Exoderm oder Hautblatt und das Entoderm oder Darmblatt. Aus ihnen entstehen in der individuellen Entwicklung alle Gewebe und alle Organe.

Die Gastraea-Theorie Haeckels behauptete also erstens die Homologie der beiden primären Keimblätter in allen Klassen der Metazoen, und sie führte zweitens die Tier-Typen von Cuvier und Baer auf eine gemeinsame Stammform, die Gastraea zurück. „Erst durch die Gastraea-Theorie und ihre Konsequenzen wird das phylogenetische Verhältnis der Tiertypen zueinander vollständig aufgehellt"[26]).

Gegen die Gastraea-Theorie Haeckels erhob sich alsbald ein „Sturm des Widerspruchs" (R. Hertwig). Die bedeutendsten Zoologen und Embryologen erklärten sich dagegen. Allein schon in den achtziger Jahren errang sie sich die volle Anerkennung und förderte vor allem als heuristische Hypothese die ontogenetische Forschung in hohem Maße. Oskar und Richard Hertwig[27]) trugen nicht wenig zum Sieg derselben bei, indem sie dieselben durch ihre „Coelomtheorie" erweiterten. Sie zeigten darin, daß sich die beiden mittleren Keimblätter aus dem inneren durch Ausstülpung bilden[28]).

Die Ontogenie der Zelle.

Die Entwicklungsgeschichte war zunächst nur mit der Entstehungsweise der ganzen tierischen Wesen beschäftigt gewesen und nur bis zur Organogenie vorgedrungen. Valentin führte 1835 auch die Histogenie oder die Entwicklung der einfacheren Elementarteile des tierischen Körpers in die Entwicklungsgeschichte ein, welche bis zu ihm nur wenig Aufmerksamkeit erregt hatte. Aber noch fehlte der leitende und alles erhellende Gesichtspunkt für diese Untersuchungen. Dieser wurde erst durch Matthias Schleidens „Beiträgen zur Phytogenesis"[29]) und vor allem durch Theodor Schwanns „Mikroskopische Untersuchungen über die Übereinstimmung in der Struktur und dem

---

[26]) Studien zur Gastraea-Theorie I, 1873, S. 49. — [27]) Studien zur Blättertheorie, 1879—1881; Die Coelomtheorie. Jenaische Zeitschr. für Naturwissenschaft, XV, 1881. — [28]) Zur Geschichte der Keimblätterlehre vgl. O. Hertwig, Handbuch der Entwicklungslehre, I. Bd., 1. Teil, 1. Hälfte, 1906, S. 699. — [29]) Erschienen in Müllers Archiv für Anatomie und Physiologie, 1838.

Wachstum der Tiere und Pflanzen" gewonnen (1838). Schwann zeigte, daß es ein gemeinsames Entwicklungsprinzip für die verschiedensten Elementarteile der Organismen gibt, und daß die Zellenbildung und -umbildung dieses Entwicklungsprinzip ist. Seine „Zellentheorie" faßte Schwann zusammen in den Sätzen: „Derselbe Prozeß der Bildung und Umbildung von Zellen innerhalb einer strukturlosen Substanz wiederholt sich bei der Bildung aller Organe eines Organismus, so wie bei der Bildung neuer Organismen, und das Grundphänomen, durch welches sich überall die produktive Kraft in der Natur äußert, ist demnach folgendes: Es ist zuerst eine strukturlose Substanz da, welche entweder innerhalb oder zwischen schon vorhandenen Zellen liegt. In dieser Substanz bilden sich nach bestimmten Gesetzen Zellen, und diese Zellen entwickeln sich auf mannigfache Weise zu den Elementarteilen der Organismen".

Die Zellbildung dachten sich Schleiden und Schwann so, daß sich um ein zuerst entstehendes kleines Körperchen (Kernkörperchen) zunächst eine Schicht (Kern), dann später um diese eine zweite Schicht (Zellensubstanz) niederschlage. Dazu könne noch eine dritte Schicht als Zellenmembran treten. Die erste Bildung des Kernkörperchens selbst kann man sich nach Schwann als eine Art Herauskristallisieren aus einer konzentrierten Flüssigkeit denken.

Am Schlusse seiner Untersuchungen entwickelt Schwann eine „Theorie der Zelle", worin er die allgemeinsten theoretischen Fragen der Ontogenie erörtert. Schwann stellt sich hier auf den Boden der „physikalischen Ansicht" der Entwicklung und lehnt die teleologische ab. Er kommt zu dem Schluß: „Einem Organismus liegt keine nach einer bestimmten Idee wirkende Kraft zugrunde, sondern er entsteht nach blinden Gesetzen der Notwendigkeit durch Kräfte, die ebenso durch die Existenz der Materie gesetzt sind wie die Kräfte der anorganischen Natur. Da die Elementarstoffe in der organischen Natur von denen der anorganischen nicht verschieden sind, so kann der Grund der organischen Erscheinungen nur in einer anderen Kombination der Stoffe liegen, sei es in einer eigentümlichen Verbindungsweise der Elementar-Atome zu Atomen zweiter Ordnung, sei es in der Zusammenfügung dieser zusammengesetzten Moleküle zu den einzelnen morphologischen Elementarteilen der Organismen oder zu einem ganzen Organismus" (S. 226).

Die Zurückführung der Ontogenie auf den Ausgangspunkt der

Zelle hatte die fruchtbarsten Untersuchungen zur Folge. Als irrtümlich erwies sich im Laufe dieser Untersuchungen die Annahme Schleidens und Schwanns, daß sich jede neue Zelle innerhalb oder außerhalb einer anderen Zelle ähnlich wie ein Kristall in der Mutterlauge bilde. Die Botaniker Hugo von Mohl, Meyen und Nägeli konnten dagegen zeigen, zum Teil schon vor 1838, daß sich neue Pflanzenzellen nur in der Weise bilden, daß Mutterzellen sich in zwei oder mehr Tochterzellen teilen, diese wieder in Enkelzellen usf. Kölliker, Reichert und Remak führten den Nachweis, daß auch die tierischen Zellen nur auf dem Wege der „Zellteilung" entstehen, so daß endlich Virchow im Jahre 1855 den Satz aussprechen konnte: „Omnis cellula e cellula".

Am Froschei war die Zellteilung schon im Jahre 1824 von Prévost und Dumas beobachtet worden; sie stellten fest, daß hier eigentümliche „Furchen" auftreten, ohne aber deren Bedeutung zu erkennen. Rusconi berichtete 1826 von einer „Teilung und Unterteilung der Keimsubstanz, oder mit anderen Worten, einem Vorgang, durch welchen die Natur die elementaren Moleküle (d. h. Zellen) der Hauptsysteme bildet". Carl Ernst von Baer beschrieb 1834 „Selbstteilungen des Froscheies, die sich so lange fortsetzen, bis die zahllosen neuen Individualitäten unendlich wenig Bedeutung haben und nur als Elementarteile eines neuen Individuums erscheinen". Bischoff und Barry entdeckten den „Furchungsprozeß am Ei der Säugetiere" (1838), Kölliker am Ei der Cephalopoden (1844), Coste am Hühnerei (1848), Agassiz und Clark am Ei der Schildkröten (1857). Ebenso wurde er bei den Eiern der Wirbellosen gefunden. Das tierische Ei — und ebenso das pflanzliche, das prinzipiell von jenem nicht verschieden ist — stellt eine Zelle dar, aus der durch fortgesetzte Teilung und Modifikation der Teilprodukte der ganze Tier- und Pflanzenkörper in seiner unübersehbaren Mannigfaltigkeit hervorgeht: darin besteht das Wesen der Ontogenese[30]).

Die Botaniker hielten lange an der Meinung fest, daß der Zellkern sich vor der Teilung der Zelle auflöse und in den Tochterzellen sich ein neuer Kern bilde. Remak, Leydig, Johannes Müller u. a., die mit tierischen Zellen zu tun hatten, nahmen dagegen an, daß der Teilung

[30]) Zur Geschichte und Literatur der Kern- und Zellteilung im Einzelnen vgl. R. Hertwig im Handbuch der Entwicklungslehre, I. Bd., 1. Abt., 1906; E. Strasburger, Die Ontogenie der Zelle seit 1875. Progressus rei botanicae I, 1907, S. 1; O. Hertwig, Dokumente zur Geschichte der Zeugungslehre. Archiv f. mikroskopische Anatomie, Bd. 90, Abt. II, 1917.

der Zelle eine Teilung des Kerns in zwei Tochterkerne vorausgehe, die dann die Kerne der beiden Tochterzellen bilden. Diese Meinung hat sich als richtig erwiesen. Strasburger (1875) und andere erbrachten den bestimmten Beweis, daß neue Zellkerne nur durch Teilung schon vorhandener entstehen: omnis nucleus e nucleo.

Diese „Kernteilung" erfolgt aber in den allermeisten Fällen nicht ohne weiteres. Vielmehr löst sich der „Kern" in seine Komponenten, die „Chromosomen" auf, die Chromosomen spalten sich der Länge nach in zwei Teile, die Spalthälften trennen sich voneinander und wandern in die beiden entgegengesetzten Hälften der Zelle, wo sie sich wieder zu einem „Zellkern" vereinigen. Eine sich bildende Wand zwischen den beiden Hälften, die durch eine Einschnürung oder „Furchung" der Zelle entsteht, bei den Pflanzen durch direkte Bildung, trennt die beiden neuen Kerne mit je einem Teil des Protoplasmas voneinander, und somit sind aus der einen Zelle zwei geworden[31]). Schneider und Auerbach, Bütschli, Strasburger, Flemming u. a. haben diese Vorgänge seit 1873 beobachtet und in ihren Einzelheiten dargelegt. Betrachtet man die Chromosomen als niedere Lebenseinheiten (S. 317), so zeigen diese Vorgänge doch soviel, daß der Chromosomen-Verband des Zellkerns bei der Teilung zunächst zu dem primitiven Zustand der Vereinzelung zurückkehrt, bevor er sich in zwei Verbände teilt.

In der Regel kann sich die Eizelle der Tiere und Pflanzen erst dann entwickeln, wenn sie „befruchtet" ist, d. h. wenn sich der Kern einer männlichen Geschlechtszelle, eines Samenfadens oder Pollenkorns, mit dem Kern der Eizelle vereinigt hat. Die Samenfäden des Menschen wurden zuerst von Leeuwenhoeck beschrieben (1677), den ein Student namens Ludwig Ham darauf aufmerksam gemacht hatte[32]). Später fand Leeuwenhoeck auch die Samenfäden verschiedener Säugetiere, von Fröschen und wirbellosen Tieren. Er hielt sie für kleine Tierchen (animalcula), welche die Aufgabe hätten, die Geschlechtslust anzuregen. 1778 behauptete der Freiherr W. von Gleichen-Ruß-

---

[31]) Näheres über die Kern- und Zellteilung in den Lehrbüchern der Entwicklungsgeschichte (Ontogenie) von O. Hertwig, Bonnet, Triepel u. a. — [32]) Observationes D. Anthonii Leeuwenhoeck, de natis e semine genitali animalculis. Philosophical transactions, London, XIII. Jahrg., Vol. IV, Nr. 142. Vgl. W. Waldeyer, in O. Hertwigs Handbuch der Entwicklungslehre, I. Bd., 1. Teil, 1. Hälfte, 1908, S. 215.

worm, daß die „Samentierchen" in die Eier eindringen müßten, um sie zu befruchten[33]). Die Behauptung scheint jedoch keine Beachtung gefunden zu haben. Daß die Samentierchen für die Entwicklung des Eies nötig seien, hatte Spallanzani 1786 experimentell nachgewiesen: filtrierter Samen, welcher nur die flüssigen Bestandteile enthielt, regte die Entwicklung nicht an[34]). Seit der Mitte des 19. Jahrhunderts behaupteten mehrere Forscher, das Eindringen der „Spermatozoen" in das Ei direkt beobachtet zu haben, so Barry beim Kaninchen, Nelson und Meißner beim Spulwurm, Keber bei Flußmuscheln, Newport bei Amphibien, Bischoff bei Amphibien und Säugetieren. Die genaueren Vorgänge der Befruchtung wurden jedoch erst in den siebziger und achtziger Jahren des 19. Jahrhunderts von Auerbach, Bütschli, Strasburger, O. Hertwig und Fol u. a. beobachtet. Dabei wurde festgestellt, daß das Wesen der Befruchtung, bei den Pflanzen ebenso wie bei den Tieren, in der Vereinigung eines Eikerns und eines Samenkerns besteht. Van Beneden stellte 1883 fest, daß väterliche und mütterliche Chromatin-Substanz gleichwertig sind, mit andern Worten: daß bei der Befruchtung gleichviel Chromosomen vom Vater und von der Mutter zusammentreten[35]).

Ontogenetische Theorien.

Aus der befruchteten Eizelle geht ein neues Individuum hervor, das in seinen Eigenschaften der Eizelle höchst unähnlich, den Eltern jedoch mehr oder weniger ähnlich ist. Wie kann das geschehen? Die Präformationstheorie hatte diese Frage in sehr einfacher Weise gelöst, indem sie behauptete: in dem Keim — dem Ei oder dem Samentierchen — ist das betreffende Wesen schon en miniature enthalten, Entwicklung ist bloßes Wachstum, Größerwerden der vorher unsichtbar kleinen Teilchen. Indessen hatte schon Hippokrates eine andere Lösung versucht. In seiner Schrift über „Luft, Lage und Wasser" spricht er von der Langköpfigkeit der Skythen und behauptet, die anfangs künstlich erzeugte Langköpfigkeit sei schließlich erblich geworden. Seine

[33]) Abhandlung über die Samen- und Infusionstierchen, oder über die Erzeugung, nebst mikroskopischen Beobachtungen des Samens der Tiere. Nürnberg 1778. — [34]) Spallanzani, Versuche über die Erzeugung der Pflanzen und Tiere, 1786. Deutsch von Michaelis. — [35]) Zur Geschichte und Literatur der Befruchtungslehre vgl. O. Hertwig in Hertwigs Handbuch der Entwicklungslehre, I. Bd., 1. Abt., 1. Hälfte, 1906, S. 495.

Begündung lautet: „Der Same strömt nämlich von allen Teilen des Körpers her und ist gesund oder ungesund, je nachdem die Teile gesund oder ungesund sind. Wenn nun von Kahlköpfigen, von Blauäugigen und Schielenden ebenfalls Kahlköpfige, Blauäugige und Schielende herkommen, und dasselbe auch von der übrigen Körperbildung gilt, warum sollte von einem Langkopf nicht auch ein Langkopf entstehen?"[36]) Systematisch durchgeführt wird dieser Gedanke in dem pseudohippokratischen Buch „de genitura".

In seiner Schrift „über die Zeugung und Entwicklung der Tiere" erörtert Aristoteles auch die Frage: kommt der Same vom ganzen Körper oder nicht? Manche, sagt er, behaupten, daß der Same vom ganzen Körper kommt. Als Grund dafür hat man u. a. angeführt, daß aus Krüppeln wieder Krüppel entstehen, denn weil ein Teil fehle, so könne von ihm kein Samen kommen, und der Teil, von dem kein Same komme, könne demnach auch nicht entstehen. Dazu komme die Ähnlichkeit der Kinder mit den Erzeugern, sowohl im ganzen Körper, als auch in den einzelnen Teilen. Wenn nun davon, daß der ganze Körper ähnlich ist, der Grund darin liegt, daß der Samen vom Ganzen kommt, so wird auch für die Ähnlichkeit der Teile der Grund darin liegen, daß von jedem Teil etwas herkommt. Aber nicht allein in angeborenen, sondern auch in später erworbenen Merkmalen werden die Kinder den Erzeugern ähnlich. Es ist vorgekommen, daß, wenn die Eltern Narben hatten, ihre Kinder an derselben Stelle das Zeichen der Narbe hatten, und in Chalcedon zeigte sich bei dem Kinde eines Vaters, welcher auf dem Arme ein Brandzeichen hatte, derselbe Buchstabe, nur verwischt und nicht scharf ausgeprägt.

Aristoteles ist nicht der Meinung, daß der Same vom ganzen Körper komme, und er führt eine ganze Reihe von direkten und indirekten Gründen dagegen auf. So könnten z. B. auch Krüppel gesunde Kinder zeugen, obgleich von den fehlenden Organen doch kein Same kommen könne. Die Kinder gleichen nicht den Eltern, sondern den Großeltern, von denen doch kein Same kommt. Manche Insekten erzeugen ihnen selbst sehr unähnliche Würmer. Es erbt sich auch die Ähnlichkeit in der Stimme, der Bewegung, den Haaren, den Nägeln fort, von denen doch kein Same kommen kann, usw. Aristoteles' Meinung geht dahin, daß die Samenflüssigkeit eine Ausscheidung sei, und zwar von der

---

[36]) Zit. in W. His, Unsere Körperform. 1874, S. 132.

reinsten und letzten Nahrung. Diese reinste und letzte Ausscheidung geht entweder zu den Geweben hin und bewirkt ihre Ernährung und ihr Wachstum, oder sie wird ausgeschieden und ist dann Samen[37]).

Buffon im 18. Jahrhundert nahm an, daß in der Natur unendlich viel organische belebte Teilchen vorhanden, daß die organischen Wesen aus lauter solchen Teilchen zusammengesetzt seien. Diese Teilchen sind beständig und unveränderlich, im Tode eines Lebewesens wird nur ihr Zusammenhang aufgehoben, sie selbst werden jedoch nicht vernichtet. In der Nahrung werden sowohl organische wie unorganische Teilchen aufgenommen. Die unorganischen werden durch die Ausdünstung oder andere Abfuhrwege wieder entfernt, die organischen bleiben und befördern die Entwicklung, d. h. das Wachstum des Körpers. Die organischen Teilchen sind höchst mannigfaltiger Art. Jeder Teil des Körpers nimmt die für ihn passenden Teilchen auf. Hat er seine natürliche Größe erreicht, so werden die überflüssigen zuströmmenden Teilchen an einen oder an mehrere gemeinschaftliche Behälter (Hoden oder Eierstöcke) zurückgeführt, wo sie sich vereinigen und kleine, dem ersten ähnliche organische Körper bilden, die bloß die Gelegenheit zu ihrer Entwicklung abwarten. Bei den zweigeschlechtlichen Tieren vereinigen sich die organischen Teilchen erst dann zu einer Form, wenn die Samenflüssigkeiten beider Geschlechter sich miteinander vermischen[38]).

Im 19. Jahrhundert war es kein Geringerer als Darwin, der in seiner ,,provisorischen Hypothese der Pangenesis" zu ähnlichen Vorstellungen gelangte[39]). Er nahm an, daß die Körperzellen ,,kleine Körnchen oder Atome" abgeben, welche durch den ganzen Körper frei zirkulieren und welche, wenn sie mit gehöriger Nahrung versorgt werden, durch Teilung sich vervielfältigen und später zu Zellen entwickelt werden können, gleich denen, von welchen sie herrühren. Diese ,,Keimchen" werden von den Eltern den Nachkommen überliefert und meist in der Generation, welche unmittelbar folgt, entwickelt, oft aber auch viele Generationen hindurch in einem schlummernden Zustand erhalten und dann erst entwickelt. In ihrem schlummernden Zustand haben

---

[37]) Aristoteles' fünf Bücher von der Zeugung und Entwicklung der Tiere, übersetzt und erläutert von H. Aubert und Fr. Wimmer, 1860, I, 33—51. — [38]) Buffons allgemeine Naturgeschichte. 3. Teil. Deutsch Berlin 1771, S. 200, 206, 211 u. ö. — [39]) Darwin, Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation, 1868. Deutsch von J.V. Carus, II. Bd., S. 404.

diese Keimchen eine gegenseitige Verwandtschaft zu einander, welche zu ihrer Aggregation entweder zu Knospen oder zu den Geschlechtszellen führt. Ihre Entwicklung hängt ab von der Vereinigung mit anderen teilweise entwickelten Zellen oder Keimchen, welche ihnen im regelmäßigen Verlauf des Wachstums vorausgehen."

Darwin versucht durch seine Hypothese der Pangenesis auch Licht über die Umwandlungen der Arten zu verbreiten. Es sei meist, vielleicht immer notwendig, daß ein Organismus mehrere Generationen hindurch veränderten Bedingungen oder Gewohnheiten unterworfen sein müsse, um irgend eine Modifikation in der Struktur der Nachkommen folgen zu lassen. Dies erkläre sich durch die Annahme, daß Keimchen, welche von jeder Zelle herrühren, ehe diese die mindeste Modifikation erlitten hatte, in großer Zahl späteren Generationen überliefert werden, daß aber die Keimchen, welche von denselben Zellen nach deren Modifikation ausgehen, natürlich unter denselben günstigen Bedingungen sich fortwährend vermehren, bis sie endlich hinreichend zahlreich sind, die alten Keimchen zu überwinden und zu ersetzen. Wenn die Organisation durch veränderte Bedingungen, den vermehrten Gebrauch oder Nichtgebrauch von Teilen oder irgend eine andere Ursache modifiziert worden ist, werden die von den modifizierten Einheiten des Körpers abgegebenen Keimchen selbst modifiziert, und werden, wenn sie sich genügend vervielfältigt haben, sich zu neuen und veränderten Gebilden entwickeln.

Darwin hatte mit seiner Pangenesis-Theorie wiederum eine Art von Präformations-Theorie in die Ontogenie eingeführt. Es war nicht mehr die alte Präformationslehre des 18. Jahrhunderts, die im Keim das ausgebildete Tier suchte und fand, sondern eine Theorie der Vorbestimmung durch materielle Anlagen. Wilhelm Roux hat später für diese Art der Vorbildung das Wort „Neopräformation" und für die Entwicklung der so präformierten Keime das Wort „Neoevolution" vorgeschlagen[40]). Unter „Entwicklung" versteht Roux das Entstehen von wahrnehmbarer Mannigfaltigkeit. Da dieser Begriff ein

---

[40]) W. Roux, Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaften, 1905. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik Heft I. Eine ausführliche Abhandlung „über die Hauptarten des Entwicklungsgeschehens", in der die Begriffe Evolution und Epigenesis, Neoevolution und Neoepigenesis, Präformation und Neopräformation ausführlich erörtert werden, hat Roux seiner Abhandlung „über die bei der Vererbung von Variationen anzunehmenden Vorgänge" eingeschaltet (Vorträge u. Aufsätze Heft XIX).

menschlich subjektives Moment enthält, sieht sich Roux genötigt, ihn in zwei verschiedene Teile zu zerlegen: in die wirkliche Produktion von Mannigfaltigkeit (Neo-Epigenesis) und in die bloße Umbildung von nicht wahrnehmbarer Mannigfaltigkeit in wahrnehmbare, sinnenfällige (Neo-Evolution). Die Präformation läßt sich wieder unterscheiden in eine neoepigenetische, wenn die Entwicklung eine ursprüngliche Mannigfaltigkeit vermehrt, und eine neoevolutionistische, wenn die „Entwicklung“ bloß Umwandlung meist unsichtbarer Mannigfaltigkeit in sichtbare bewirkt.

Der hervorragendste Neoevolutionist der neueren Zeit war August Weismann (1834—1915), dem sich eine Reihe anderer Forscher anschloß[41]). Die Annahme vorgebildeter Anlagen, die in unglaublicher Anzahl im Keim angehäuft sein müßten, schien Weismann eine allzu leichte Lösung des Entwicklungsrätsels. Er versuchte deshalb einen Bau der Keimsubstanz auszudenken, der minder verwickelt sei und sich erst während der Entwicklung komplizierte. „Mit anderen Worten: ich suchte nach einer Keimsubstanz, die durch Epigenese und nicht durch Evolution den Organismus aus sich hervorgehen lasse. Mancher Versuch wurde nach dieser Richtung gemacht, mehr wie einmal glaubte ich ihn gelungen, aber bei weiterer Prüfung an den Tatsachen sah ich ihn jedesmal scheitern, und so kam ich zuletzt zu der Einsicht, daß es eine epigenetische Entwicklung überhaupt nicht geben kann.“

Schließlich gelangte Weismann dazu, die Existenz materieller Teilchen im Keime anzunehmen, welche die Eigenschaften des Lebendigen besitzen und von denen jedes als Anlage eines Teiles des Organismus anzusehen sei. Das Keimplasma der vielzelligen Pflanzen und Tiere setzt sich nach dieser Annahme aus Ahnenplasmen oder „Iden“ zusammen, Lebenseinheiten der dritten Stufe, welche in Mehrzahl die Chromosomen zusammensetzen, die „Idanten“. Jedes Id des Keimplasmas ist aus tausenden oder hunderttausenden von „Determinanten“ zusammengesetzt, Lebenseinheiten der zweiten Stufe, die sich dann wieder aus den eigentlichen Lebensträgern, den „Biophoren“ zusammensetzen, den kleinsten Lebenseinheiten. Die Biophoren sind verschiedener Art, und jede Art entspricht bestimmten Teilen einer Zelle, sie sind Eigenschaftsträger einer Zelle. In verschiedener, aber

[41]) Vgl. A. Weismann, Das Keimplasma. Eine Theorie der Vererbung. Vgl. auch Weismanns Vorträge über Deszendenz-Theorie, 1902, 3. A. 1913.

fest bestimmter Zahl und Mischung setzen sie die Determinanten zusammen, deren jede die Anlage einer bestimmten Zelle, oder einer kleineren, größeren oder selbst sehr großen Zellengruppe ist.

Die Bildung der Keimzellen wird dadurch bewirkt, daß ein Teil des in der befruchteten Eizelle enthaltenen Keimplasmas inaktiv und gebunden bleibt, sich nicht sofort in Gruppen zerlegt, sondern als Neben-Keimplasma gewissen Zellfolgen der Ontogenese beigegeben wird und so mit diesen an diejenigen Orte gelangt, an welchen Keimzellen gebildet werden sollen. „Das gesamte Keimplasma des Elters mit allen seinen Determinanten bildet so die Grundlage für die Keimzellen, aus welchen die folgende Generation hervorgehen wird, und die überaus genau und bis ins einzelnste gehende Übertragung der Eigenschaften des Elters auf das Kind wird daraus verständlich.“

Die Variation beruht nach Weismann in ihrer letzten Wurzel immer auf der Einwirkung äußerer Einflüsse. Die Abweichungen von der vererbten Entwicklungsrichtung stellen, wenn sie nur den Körper, das Soma betreffen, nicht vererbbare Variationen dar; treten sie aber am Keimplasma ein, so übertragen sie sich auf die folgende Generation und verursachen ihnen entsprechende vererbbare Variationen des Körpers.

Durch die Befruchtung, die Vereinigung von zweierlei verschiedenen Keimplasmen (Amphimixis), kommen immerfort neue Kombinationen von Determinanten zustande, aus denen verschiedenartige Individuen hervorgehen, unter denen die natürliche Züchtung Auslese hält.

Die Entfaltung der im Keimplasma der Fortpflanzungszelle enthaltenen Anlagen geschieht nach dieser Theorie im Laufe der Zellteilungen, welche die Ontogenese der vielzelligen Pflanzen und Tiere ausmachen, derart, daß sämtliche Ide sich dabei gleich verhalten. Jedes Id spaltet sich schon bei der ersten Zellteilung in zwei Hälften, von denen jede nur noch die Hälfte der Gesamtzahl der Determinanten enthält, und bei jeder folgenden Zellteilung wiederholt sich dieser Zerlegungsprozeß der Ide, so daß die Ide der ontogenetischen Stadien von Stufe zu Stufe ärmer an Verschiedenartigkeit ihrer Determinanten werden, bis sie zuletzt nur noch eine Art derselben enthalten. Jede Zelle jeder Stufe wird stets nur durch eine Determinante bestimmt, die aber in vielen Exemplaren im Id enthalten sein kann; diese „Bestimmung“ erfolgt dadurch, daß sich die Determinante in ihre Biophoren

auflöst, welche nun aus dem Kern in den Zellkörper gelangen und dort auf Kosten der den Zellkörper schon bildenden Biophoren und unter Anordnung nach bestimmten, uns unbekannten Kräften und Gesetzen die histologische Differenzierung der Zelle begründen. Jede Determinantenart muß zu einem bestimmten Zeitpunkt oder auf einer bestimmten Stufe der Gesamtentwicklung die „Reife“ zu ihrer Auflösung in ihre Biophoren erreichen. Die übrigen, für spätere Stufen bestimmten Determinanten des Ids einer Zelle verharren unaufgelöst und also ohne eine bestimmende Wirkung auf die Zelle auszuüben. Durch die Art und Weise aber ihrer Zusammensetzung im Id und durch den einer jeden Determinantenart eigenen Rhythmus ihrer Vermehrung bestimmen sie den nächsten Modus der Kernteilung, d. h. sie entscheiden dadurch, welche Determinanten dem einen, welche dem andern Tochterkern zugeteilt werden. Damit wird nicht nur über die histologische Natur dieser Tochterzellen, sondern auch über die Bestimmung ihrer Nachkommen entschieden. Die Verteilung der im Keimplasma vorhandenen Anlagen wird also durch die anfänglich schon gegebene, dann aber durch ungleiche Vermehrung und durch stufenweise Zerlegung der Ide sich stetig und gesetzmäßig ändernde Architektur des Ids bewirkt.

Dies die mit großem Scharfsinn durchgeführte Theorie Weismanns.

Eine Kritik derselben nach einer gewissen Richtung hin kann man schon bei Hermann Lotze (1842) finden. Er konstatiert zunächst, daß zwar die Ansicht längst verschwunden sei, als lägen im Keime die ausgearbeiteten Miniaturbilder der zukünftigen Glieder; aber noch immer glaube man eine unermeßliche Anzahl primitiver Moleküle in höchst verwickelten Verhältnissen voraussetzen zu müssen. Diese Annahme scheint Lotze unnötig zu sein. Wir wissen, sagt er, daß schon die relativen Bahnen der Zentralbewegungen von nur drei Körpern eine so außerordentliche Mannigfaltigkeit der Verhältnisse liefern, daß sie bis jetzt auf keinen allgemeinen mathematischen Ausdruck gebracht werden können. Wüßten wir das Problem der drei Körper für den Fall einer Wirkung in der Berührung zu konstruieren, wo ohnehin noch, wie im Keime, leicht zersetzbare Substanzen unter dem Einflusse der Wärme gegeneinander operieren, und in jedem Augenblicke durch chemische Affinitäten eine neue unberechenbare Anzahl resultierender Wirkungen hervorbringen können, so würden wir zugestehen müssen, daß in dem Keime keineswegs ein wunderbares Detail zu existieren

braucht, sondern nur einige wenige Teile mit einfachen bestimmten Verhältnissen, und daß ein solches Prinzip der allermannigfaltigsten gesetzmäßigen Entwicklung wohl fähig sei. Es ist ferner zu bedenken, daß in dem Keim nicht alle Teile gleichzeitig, sondern sukzessiv aufeinander wirken. Wäre jenes der Fall, so würde man allerdings wieder auf die Annahme sehr detaillierter Prädispositionen, einer Miniatur des Körpers, zurückgeführt werden; denn die Gestalt müßte die einfache Resultante schon vollkommen angeordneter Verhältnisse sein. Im zweiten Falle aber langen wir mit sehr einfachen ursprünglichen Voraussetzungen aus, indem hier jedem neu in die Gegenwirkung eintretenden Molekül ein bestimmter Angriffspunkt durch die schon vorhandenen Kombinationen dargeboten wird. Indem jedes auf die Resultanten der vorangegangenen einwirkt, kann sich somit aus den einfachsten Dispositionen die Mannigfaltigkeit der Gestaltbildung bis zu den verwickeltsten Verhältnissen ausbilden[42]).

Ähnlich wie hier Lotze haben später, nachdem Weismann seine Theorie entwickelt hatte, Hofmeister und Rhumbler die Annahme einer ursprünglichen Mannigfaltigkeit des Keimplasmas in dem Umfang, wie sie Weismann angenommen hat, von chemischen Gesichtspunkten aus zurückgewiesen. Wir kommen im biochemischen Kapitel darauf zurück. Aber auch die Ontogenetiker selbst stehen der absoluten Präformationstheorie Weismanns kritisch gegenüber. Der Umstand zwar, daß aus dem Ei einer Spezies immer nur ein Wesen der betreffenden Art mit den für dieselbe charakteristischen Eigenschaften erzeugt wird, scheint zugunsten der Lehre von der Präformation der Anlagen im Ei zu sprechen. Müssen wir deshalb, fragen Korschelt und Heider[43]), der Eizelle bereits eine hohe Komplikation der Zusammensetzung zuschreiben, eine Komplikation, welche der des ausgebildeten Zustands nahekommt? Sind wir genötigt, für jedes Merkmal der ausgebildeten Form eine besondere latente Anlage in der Eizelle zu supponieren und ihre Entwicklung nur als eine Aktivierung dieser schon vorhandenen Anlagen zu betrachten? Die Antwort lautet: Wir haben keine Ursache für die Annahme eines derartig komplizierten Baues der Eizelle. Die Beobachtung lehrt zunächst, daß die Eizelle ebenso einfach zusammen

---

[42]) H. Lotze, Leben, Lebenskraft, in R. Wagners Handwörterbuch der Physiologie I, 1842, S. XLVI. — [43]) E. Korschelt und K. Heider, Lehrbuch der vergleichenden Entwicklungsgeschichte der wirbellosen Tiere. Allgemeiner Teil 1902, S. 136.

gesetzt ist wie jede andere Zelle des Organismus, und daß im Verlaufe der Entwicklung neue sichtbare Komplikationen entstehen. Es gibt aber auch eine Anzahl von Tatsachen, welche zugunsten der Ansicht sprechen, daß die bei der Entwicklung zu beobachtenden Komplikationen tatsächlich neu im Sinne der Epigenesis erzeugt werden. Die Fähigkeit der Eier und der ersten Furchungsstadien, künstliche Störungen und Amputationen auszugleichen, sich in veränderte Entwicklungsbedingungen zu schicken, ist eine erste Tatsache. Eine andere, worauf O. Hertwig hingewiesen hat, ist die Teilung der Eizelle selbst. Die Eizelle kann keine Eigenschaften haben, die dem ausgebildeten Organismus erst infolge seiner Zusammensetzung aus vielen Zellen zukommen. „Wir stehen somit auf dem Standpunkt, daß durch die Entwicklung selbst tatsächlich neue Kombinationen geschaffen werden, welche als solche und im einzelnen in der Eizelle nicht vorgesehen waren".

Auch der Ontogenetiker Oskar Hertwig stellt sich in Gegensatz zu Weismanns Determinations-Theorie, indem er dieser eine „Biogenesis-Theorie" entgegensetzt[44]). Danach treten die aus der Eizelle durch Teilung entstehenden Zellen, die in ihrer Gesamtheit ein organisches System höherer Ordnung zusammensetzen, im Laufe des Entwicklungsprozesses in unzählige verschiedenartige Beziehungen ein, durch welche sie zu besonderen Aufgaben determiniert und infolgedessen in die einzelnen Gewebe und Zellen differenziert werden. Die Entwicklung ist also epigenetisch, determiniert durch sukzessiv eintretende Beziehungen. Andererseits ist jedoch die Entwicklung prädeterminiert durch die „Anlagen", welche die Eizelle zu einer spezifischen „Artzelle" machen; in ihrer feineren Organisation sind die wesentlichen Eigenschaften der Art als Bestimmungsstücke enthalten, übersetzt in das System von Zelleigenschaften. „Im Besitz des Erbes zahlloser Generationen entfaltet die Eizelle die ererbten Anlagen, indem sie aus inneren Ursachen und dabei in beständigem Verkehr mit der Außenwelt in ähnlicher Weise wieder wächst, in welcher sich . . . die Art entwickelt hat." So erscheint denn die Ontogenie, wie Hertwig ausdrücklich feststellt, als eine kurzgedrängte Rekapitulation der

---

[44]) O. Hertwig, Zeit- und Streitfragen der Biologie. Heft 1. Präformation oder Epigenese? Grundzüge einer Entwicklungstheorie der Organismen, 1894; Der Kampf um Kernfragen der Entwicklungs- und Vererbungslehre, 1909. Allgemeine Biologie, 4. A. 1912.

Phylogenie, wie es Haeckels Biogenetisches Grundgesetz konstatiert[45]). Andererseits steht die Theorie von der Artzelle in einem gewissen Widerspruch zu dem Biogenetischen Grundgesetz[46]), eben weil die Eizelle eine „Artzelle“ ist, deren unsichtbare Organisation der sichtbaren des erwachsenen Artbildes vollkommen entspricht. Ihre Entwicklung ist also keine reine Epigenesis, wie es die phylogenetische Entwicklung der Art zweifellos ist.

Die Widersprüche in Hertwigs „Theorie der Biogenesis“ sind offenbar nicht völlig zur Auflösung gebracht; auf seine Stellung zum Biogenetischen Grundgesetz kommen wir im nächsten Kapitel zurück.

Eine sehr interessante Deutung der Ontogenie versuchte Richard Semon (1904) in seiner Theorie der „Mneme“. In einem Vortrag „über das Gedächtnis als eine allgemeine Funktion der organischen Materie“ (Wien 1870) hatte der Physiologe Ewald Hering die Aufmerksamkeit auf die Übereinstimmungen gelenkt, die zwischen dem Reproduktions-Vermögen der Vererbung, dem der Gewohnheit und der Übung und dem des bewußten Gedächtnisses vorhanden sind. Ernst Haeckel schloß sich ihm an und bezeichnete in seinem Vortrag „über die Wellenzeugung der Lebensteilchen oder die Perigenesis der Plastidule“ (1875) die Vererbung als das Gedächtnis der Plastidule, der lebendigen Plasma-Moleküle. Semon griff diesen Gedanken auf, suchte zu beweisen, daß es sich tatsächlich um eine Identität der verschiedenen Reproduktions-Vermögen handelt, und verfolgte diese Idee bis in alle ihre Konsequenzen[47]). Er findet die Grundlage der Gedächtnisvorgänge in bleibenden Veränderungen unbekannter Art, die durch Reize im Organismus hervorgerufen wurden. Die Gesamtheit dieser Veränderungen oder „Engramme“, die vom Organismus teils ererbt, teils erworben sind, bezeichnet Semon als die Mneme des Organismus. Die Bedeutung der Engramme liegt darin, daß dieselbe Wirkung, die ursprünglich durch den engraphisch wirkenden Originalreiz hervorgerufen wurde, später von einem schwächeren oder qualitativ etwas veränderten Reiz ausgelöst (ekphoriert) werden kann. In gewissen Fällen genügt der Eintritt eines einzelnen Reizes, um

---

[45]) O. Hertwig, Allgemeine Biologie, 4. A. 1912, S. 706. — [46]) Ebenda, S. 711. — [47]) R. Semon, Die Mneme als erhaltendes Prinzip im Wechsel des organischen Geschehens. 3. A. 1911. Von E. Herings Abhandlung ist ein Neudruck in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften erschienen (Nr. 148). Haeckels Vortrag ist wieder abgedruckt in seinen gemeinverständlichen Vorträgen und Abhandlungen, 2. Bd., 2. A. 1902, S. 33.

eine ganze Folge von Engrammen zu ekphorieren. Dies ist der Fall bei der Ontogenese, wo durch die Befruchtung die ganze Reihe der in der Phylogenese erworbenen Engramme zum Ablauf gebracht wird.

Außer den hier angeführten sind noch viele andere Theorien versucht worden, um das Rätsel der Ontogenesis zu lösen; sie sind alle spekulativer Natur und vielfach nur Umschreibungen des empirisch feststellbaren Tatbestandes. Den größten Wert für die Aufhellung des ontogenetischen Problems besitzen die Tatsachen, die im „Biogenetischen Grundgesetz“ Ernst Haeckels ihre Formulierung gefunden haben. Diesem „Fundamentalgesetz der organischen Entwicklung“ müssen wir seiner hohen Bedeutung wegen ein besonderes Kapitel widmen.

---

17. Kapitel.

Das Biogenetische Grundgesetz.

Die ontogenetische Wiederholung der Phylogenesis.

Carl Ernst von Baer berichtet im Jahre 1828, daß im ersten Drittel des neunzehnten Jahrhunderts wenig Darstellungen von Verhältnissen der organischen Welt so vielen Beifall gefunden hätten, als die Vorstellung von dem Parallelismus zwischen der „individuellen Metamorphose" und der „Metamorphose des Tierreichs". Der Gedanke, daß der Säugetier-Embryo in seiner Entwicklung die Formen der niederen Tiere durchlaufe, sei so allgemein, daß er eigentlich nicht diesem oder jenem Forscher zugeschrieben werden könne; er scheine viel mehr eine Entwicklungsstufe der Naturwissenschaft als das Eigentum eines einzigen Mannes zu sein.

In seinem „System der vergleichenden Anatomie" (I, 1821) zählt Johann Friedrich Meckel außer Aristoteles und Harvey namentlich Kielmeyer, Autenrieth, Carlisle, Oken, Walther, Blumenbach, Tiedemann, Carus, Blainville und sich selbst auf, als Forscher, welche die Gleichung zwischen der Entwicklung des Embryo und der Tierreihe ihrem hohen Werte gemäß geachtet hätten. Von diesen Forschern waren es besonders Kielmeyer in Tübingen und Meckel in Halle, welche die Metamorphosen-Gleichung näher ausführten, jener auf physiologischem, dieser auf morphologischem Gebiet.

C. F. Kielmeyer (1765—1844) entwickelte seine Ideen in einer Rede „über die Verhältnisse der organischen Kräfte untereinander in der Reihe der verschiedenen Organisationen, die Gesetze und Folgen dieser Verhältnisse" (1793). Ein Überblick der Organisationen zeigt ihm, daß auf den untersten Stufen nur die Fähigkeit der Reproduktion vorhanden ist; zu ihr kommen auf den höheren Stufen, indem sich jene vermindert, die Reizbarkeit (Irritabilität) und das Vermögen der Empfindung. Eben die Gesetze, nach denen die Kräfte in den

verschiedenen Organisationen verteilt sind, findet Kielmeyer auch in der Verteilung der Kräfte an die verschiedenen Individuen der nämlichen Gattung, ja auch an ein und dasselbe Individuum in seinen verschiedenen Entwicklungsperioden. „Auch der Mensch und Vogel sind in ihrem ersten Zustand pflanzenartig, rege ist die Reproduktionskraft in ihnen; späterhin hebt sich in dem feuchten Element, in dem sie dann später leben, ihre Irritabilität, und noch später schließt sich ein Sinn nach dem andern beinahe in eben der Ordnung, wie sie in der Reihe der Ordnungen von unten auf zum Vorschein kommen, in ihm auf, und was zuvor Irritabilität war, entwickelt sich am Ende zur Vorstellungsfähigkeit.“

Den hervorragendsten Platz in der älteren Geschichte der „Rekapitulations-Theorie“ nimmt unstreitig Meckel ein (1781—1833), der die Theorie des Entwicklungs-Parallelismus im ersten Viertel des 19. Jahrhunderts ebenso genau erörtert hat, wie Ernst Haeckel die Theorie des Biogenetischen Grundgesetzes im dritten Viertel.

Schon in seinen „Beiträgen zur vergleichenden Anatomie“ (1808), in den „Beiträgen zur Geschichte des menschlichen Foetus“, weist er hin auf die Ähnlichkeit der ursprünglichen Gestalt aller, auch der verschiedensten Tiere, aber auch auf die Verschiedenheit, welche zwischen Embryonen von derselben Größe in Rücksicht auf ihre Ausbildung obwaltet. Sehr merkwürdig erscheint ihm der Unterschied der Dauer dieser ersten, allen Tieren gemeinschaftlichen Form, in Rücksicht auf die Dauer des ganzen Lebens. „Bei den niedrigen Tieren, den Insekten, nimmt sie bei weitem die längste Periode desselben ein, während sie bei den höheren einen so unbedeutend kleinen Teil derselben beträgt, daß es fast scheint, als erschienen sie anfänglich in ihr nur, um einem allgemeinen Gesetz zu huldigen.“ An vielen einzelnen Beispielen in der Entwicklung verschiedener Organe und Organsysteme zeigt Meckel, „wie dieselbe Form, die bei demselben Tier bloß temporär ist, bei anderen, niederen konstant bleibt“.

Den zweiten Band seiner „Beiträge“, der im Jahre 1811 erschien, eröffnete Meckel mit einem umfangreichen „Entwurf einer Darstellung der zwischen dem Embryozustande der höheren Tiere und dem permanenten der niederen stattfindenden Parallele“. Hier führt Meckel die Parallele ganz im einzelnen durch: am Gefäßsystem, Nervensystem (insbesondere dem Gehirn), an den Sinnesorganen, dem Verdauungs-, Generations-, Harn- und Knochensystem, und er findet, daß dasselbe

Tier in verschiedenen Zeiten seiner Existenz vermöge der Anordnung seiner wichtigsten Lebensorgane nicht allein ganz verschiedenen Gattungen, sondern selbst Klassen angehört, mit denen es im Zustande der vollendeten Entwicklung nur den Charakter der Tierheit gemein habe.

Ebenso ausführlich erörtert Meckel die Parallele in seinem „System der vergleichenden Anatomie"[1]). Auch hier beweist er den Satz im einzelnen, „daß die Entwicklung des einzelnen Organismus nach denselben Gesetzen geschieht wie die der ganzen Tierreihe", d. h., wie Meckel hinzufügt, „das höhere Tier durchläuft in seiner Entwicklung dem Wesentlichen nach die unter ihm stehenden bleibenden Stufen, wodurch die periodischen und Klassenverschiedenheiten aufeinander zurückgeführt werden".

Schon damals entbrannte ein lebhafter Kampf über die Richtigkeit des Gesetzes, in dem namentlich Feiler als Gegner der Parallelismus-Theorie auftrat[2]). Die Gründe, die Feiler gegen dieselbe aufführt, sind die folgenden:

1. Der Umstand, daß schon in dem ersten Anfang oder Keim eines jeden Organismus die Grundvorzeichnung zu diesem Organismus im vollkommenen Zustand, mithin auch die Anlage zu allen Teilen schon in ihm vom ersten Beginnen an enthalten sei;

2. die Schwierigkeit, gründlich und unumstößlich nachzuweisen, mit welcher Art belebter Organisation das Tierreich beginne; die Klassen und Gattungen von Tieren anzugeben, welche der Keim des menschlichen Embryo in der Entwicklung durchlaufe, ob alle oder nur einige, oder ob er einige überspringe und warum? wann er auf den verschiedenen Bildungsstufen stehe?

3. Die Willkür in der Ansicht von Vollkommenheit und Unvollkommenheit eines Tieres, sofern jedes in seiner Art gleich vollkommen sei.

Feiler ist der Meinung, daß „aus den angeführten Gründen die vorgeblichen Träume einer Parallele zwischen der Entwicklung des Embryo der höheren Tiere und der Tierreihe in ihr ursprüngliches Nichts zurücksinken".

Meckel weist diese Gründe, die von sehr geringem Gewicht seien, zurück; die Ansicht müsse „mit andern als bleiernen Dolchen angegriffen werden". Schwerlich könne jemand eine allmähliche Vervollkommnung

---

[1]) Bd. I, 1821, S. 396. — [2]) Über angebliche Mißbildungen, 1820.

der tierischen Organisation leugnen, dem die vergleichende Anatomie nicht völlig fremd sei. Allerdings sei jedes Tier, das den seiner Art zukommenden Grad der Vollendung erreicht habe, in dieser vollkommen, die Art des einen aber unvollkommener als die des andern. Der zweite Grund zeige teils überhaupt nur die Schwierigkeit, eine jeden Ansprüchen vollkommen genügende Klassifikation der Tiere zu bilden, teils die, genau jene Gleichung anzustellen, teils die Unmöglichkeit, die Gründe von jeder vorhandenen Naturerscheinung anzugeben. Die Frage, wann der Embryo auf einer gewissen Bildungsstufe stehe, ließe sich erst allmählich durch genaue Untersuchung feststellen. Der erste Grund aber sage keineswegs, daß der Keim, um die Stufe des vollkommenen Organismus, von dem er entsprang, wirklich zu erreichen, nicht niedrigere Bildungsstufen durchlaufen müsse.

Meckel hält also den Feilerschen wie andern Einwürfen gegenüber die Gleichung aufrecht. Allerdings dürfe man nie vergessen, daß schon früh sich der der Art des Organismus eigentümliche Charakter entwickle; aber die ersten Anfänge der verschiedenartigsten seien wesentlich völlig dieselben. Selbst das geübteste Auge dürfte schwerlich die eben entstehenden Embryonen sehr verschiedener Tiere von einander unterscheiden, und erst nach Ablauf dieser, bei einigen schneller, bei andern langsamer vorübergehenden Periode tritt die ein, in welcher sich der Charakter der Art entwickelt. Auch da aber, wo sich dieser schon in der äußeren Gestalt des Körpers und der einzelnen Organe längst entwickelt habe, sei dennoch die Analogie mit niedriger bleibenden Stufen unverkennbar. Die Richtigkeit der Parallele ergebe sich besonders daraus, daß der Embryo der höheren Tiere die verschiedenen Stufen in derselben Ordnung durchlaufe, als sie in der Tierreihe aufwärts steigen, so daß seine früheren Formen den niedrigeren, die späteren den höheren der unter seiner Art stehenden Organismen entspreche. „Dieses Gesetz", schließt Meckel, „gilt in der Tat ohne Ausnahme für alle Organe und beweist, daß man nicht bloß von Entwicklungsstufen, Formveränderungen überhaupt, sondern einer der Entwicklung der Tierreihe parallel laufenden Entwicklung der einzelnen Organismen reden muß."

Die Gleichung wurde noch im dritten Jahrzehnt des 19. Jahrhunderts durch neu entdeckte Tatsachen gestützt. Heinrich Rathke entdeckte im Jahre 1825 am Embryo der Säugetiere und Vögel Kiemenspalten, und wenig später fanden der Anatom Huschke und fast gleich-

zeitig auch Rathke und C. A. von Baer auch die zu den Kiemenspalten gehörigen Blutgefäße, Entdeckungen, die großes Aufsehen erregten[3]).

Die Hemmungstheorie.

Eine Erklärung des unleugbar vorhandenen Parallelismus versuchte die „Hemmungstheorie" deutscher Naturphilosophen, die in ihren Grundlagen auf Robinet zurückging. Nach dieser Theorie besitzen auch die Keime der niederen Tiere die Fähigkeit und die Tendenz, sich zu höheren Tieren, ja zu Menschen zu entwickeln. Ein Infusor, ein Bandwurm, ein Käfer, ein Tintenfisch, Fisch, Reptil, Vogel, jedes ist auf dem Weg, ein Mensch zu werden. Auf einem gewissen Stadium wird aber ihre Entwicklung gehemmt, so daß sie zeitlebens auf der Wurm-, Reptil- usw.-Stufe stehen bleiben. Jedes Tier ist also ein „gehemmter Aspirant" des Menschen. Der Embryo des Menschen und der Säugetiere durchlaufe in seiner regelrechten Entwicklung demgemäß alle Stufen, die im System der Tierreihe verwirklicht sind, dann aber noch einige mehr, bis er auf der höchsten, der Menschenstufe stehe. Wörtlich heißt es bei Lorenz Oken[4]): „Das Tier (Säugetier) durchläuft während seiner Entwicklung alle Stufen des Tierreichs. Der Fötus ist eine Darstellung aller Tierklassen in der Zeit. Zuerst ist er ein einfaches Bläschen wie die Infusorien. Dann verdoppelt sich das Bläschen wie bei den Korallen. Es bekommt ein Gefäßsystem wie die Quallen. Sodann zeigt sich die Entwicklung des Darms wie bei den Eingeweidewürmern. Mit der Leber tritt der Embryo in die Klasse der Muscheln. Mit den drüsenartigen Organen und den Geschlechtsteilen in die Klasse der Schnecken. Mit der Einsenkung der Haut in die Klasse der Würmer, mit dem Hervorsprossen der Glieder in die Klasse der Krebse. Mit der Bildung der Kiemenlöcher in die Klasse der Insekten. Mit dem Erscheinen des Knochensystems in die Klasse der

---

[3]) Rathke, Kiemen bei Säugetieren. Isis (1825), Bd. I, S. 747; Kiemen bei Vögeln, ebenda S. 1100; Über die Entwicklung der Atemwerkzeuge bei den Vögeln und Säugetieren. Verhandlungen der Kaiserl. Leopoldinisch-Carolinischen Akademie der Naturforscher Bd. 14, S. 161. — Huschke, Über Kiemenbögen und Kiemengefäße beim bebrüteten Hühnchen. Vortrag auf der Vers. d. Naturforscher und Ärzte in Dresden am 22. Sept. 1826. (Bericht darüber in der Isis (1826) Bd. I, S. 401). — Rathke (Isis 1828, I. 79). — C. A. von Baer (Meckels Archiv 1827, S. 556). — [4]) Lehrbuch der Naturphilosophie, 2. A. Zürich 1831, S. 387.

Fische. Mit der Ausbildung der Muskeln in die Klasse der Lurche. Mit dem Eintritt des Atmens durch die Lunge in die Klasse der Vögel. Er wird geboren. Nach der Geburt wird er gesäugt oder geätzt. Nach der Zeit des Saugens wird der Fötus erst unabhängig von der Mutter und tritt in die Klasse der Säugetiere über. Wenn auch die Angabe dieser Parallelen nicht überall richtig sein sollte, so geht doch daraus hinlänglich hervor, daß ein vollkommener Parallelismus zwischen der Entwicklung des Fötus und des Tierreichs stattfindet. Die Tiere sind nur Fötuszustände des Menschen."

In Frankreich waren es besonders die Schüler Geoffroys de St.-Hilaire, welche die Hemmungstheorie bis zu ihren letzten Konsequenzen ausbauten. Die vollkommene Gleichheit der Parallele, den Satz, daß die Entwicklung der höheren Tiere keine einzige der unter ihnen stehenden Organisationen überspringe, verteidigte mit Hartnäckigkeit insbesondere Serres in zahlreichen Arbeiten, zuletzt noch, 1859, in seinen „Principes d'embryogénie, de zoogénie et de tératogénie".

Die Grundfehler dieser übertriebenen Parallelismustheorie lag in der Annahme, daß die verschiedenen Tierformen eine einreihige Stufenfolge bildeten. Wir wissen, daß diese Annahme schon früher bestritten worden war, aber sie erhielt sich trotzdem hartnäckig.

Gegen Ende des 19. Jahrhunderts entwickelte der Zoologe Theodor Eimer die Hemmungstheorie in einer neuen Form[4a]). Die Entstehung der Arten beruht nach seiner Meinung wesentlich auf einem Stehenbleiben der einzelnen Formen auf bestimmten Stufen der Entwicklung, während andere in der gleichen Richtung fortschreiten. Eimer nennt diesen Entwicklungsstillstand „Epistase". Die Epistase kann auch während der Ontogenesis eintreten; der Organismus verharrt im ganzen oder in einzelnen Teilen auf einem jugendlichen Zustand. Befestigt sich die Epistase und vermögen sich die epistatischen Individuen trotzdem fortzupflanzen, so entsteht eine neue Form, deren Ontogenie über die letzten Stadien ihrer Phylogenie nichts mehr auszusagen vermag.

Carl Ernst von Baer.

Carl Ernst von Baer richtete seine Aufmerksamkeit auf die Lehre von der Gleichheit der individuellen und der Metamorphose des

[4a]) Th. Eimer, Die Entstehung der Arten II, 1897, S. 21. Vgl. dazu P. Kammerer, Allgemeine Biologie, 1915, S. 163.

Tierreichs, als er die Entwicklung des Hühnchens untersuchte, überzeugt, daß die fortgesetzte Betrachtung der Entwicklung einer Tierart ein sichereres Urteil liefern müsse, als eine Menge einzelner, nicht zusammenhängender Vergleichungen. Die Ergebnisse seiner Beobachtungen und Reflexionen zwangen ihn, das vermeintliche Naturgesetz zu verwerfen. Seine Einwürfe faßt er in folgenden Sätzen zusammen[5]: Soll es ein Naturgesetz sein, daß die Entwicklung des Individuums darin besteht, bleibende Tierformen niederer Ausbildung zu durchlaufen, so müßten:

1. in Embryonen keine Verhältnisse vorkommen, die nicht wenigstens in einzelnen Tieren bleibend sind. Es gibt aber z. B. kein Tier, welches seinen Nahrungsstoff mit sich herumträgt, wie der Embryo den Dotter.

2. Alle Embryonen sind von Flüssigkeit umgeben, vermögen also nicht unmittelbar Luft zu atmen. Deshalb können die Säugetier-Embryonen nie den ausgebildeten Vögeln gleichen oder den wesentlichen Charakter der Insekten wiederholen.

3. Es müßte der Embryo höherer Tiere auf jeder Bildungsstufe nicht mit einer Einzelheit der bleibenden Tierform übereinstimmen, sondern mit seiner Gesamtheit. Wenn ich z. B. dem Embryo, so lange beide Herzkammern noch nicht geschieden und die Finger noch nicht voneinander gesondert sind, die Organisation eines Fisches zuschreiben wollte, so finde ich doch keinen zusammengedrückten Schwanz und tausend andere Dinge nicht, die allen Fischen schon sehr früh zukommen.

4. Es müßten, wenn das fragliche Gesetz begründet wäre, keine Zustände in der Ausbildung von bestimmten Tieren vorübergehend vorkommen, die nur in höheren Tieren bleibend sind. Solcher Übereinstimmungen gibt es aber recht viele. Bei allen Säugetieren z. B. sind in frühester Zeit die Kiefern so kurz, wie sie beim Menschen bleibend sind. Wenn die Vögel den Bau des ausgewachsenen Säugetiers und des Menschen untersuchten, würden sie in ihren physiologischen Lehrbüchern Folgendes lesen können: „Jene vier- und zweibeinigen Tiere haben viele Embryonen-Ähnlichkeit (— d. h. Ähnlichkeit mit unsern, den Vogel-Embryonen —), denn ihre Schädelknochen sind getrennt, sie haben keinen Schnabel, wie wir in den fünf oder sechs ersten Tagen der Bebrütung; ihre Extremitäten sind ziemlich gleich unter sich, wie

[5]) Entwicklungsgeschichte der Tiere, I, 1828, S. 204.

die unsrigen eben so lange Zeit; nicht eine einzige wahre Feder sitzt auf ihrem Leibe, sondern nur dünne Federschafte, so daß wir schon im Neste weiter sind, als sie jemals kommen; ihre Knochen sind wenig spröde und enthalten, wie die unsrigen in der Jugend, gar keine Luft; überhaupt fehlen ihnen die Luftsäcke, und die Lungen sind nicht angewachsen, wie die unsrigen in frühester Zeit; ein Kropf fehlt ihnen ganz; Vormagen und Muskelmagen sind mehr oder weniger in einen Sack verflossen; lauter Verhältnisse, die bei uns rasch vorübergehen usw.“

5. Wir müßten die Organe oder größeren Apparate auf dieselbe Weise, wie sie im Embryo höherer Tiere sich ausbilden, auch in den verschiedenen Tierklassen erscheinen sehen, wenn wir diese als auseinander entwickelt zusammenstellen. Das ist aber bei weitem nicht immer der Fall. Die hintere Extremität z. B. ist bei den meisten Fischen nur in ihrem Endgliede vollkommen, im Embryo höherer Tiere bildet sich das Wurzelglied zuerst.

6. Endlich müßten solche Teile, die nur den höheren Tieren zukommen, in der Entwicklung derselben sehr spät auftreten. Das ist aber durchaus nicht der Fall. Einige Teile der Wirbelsäule sind im Hühnchen früher da als irgend ein anderer Teil (des Körpers). Wie kann das Hühnchen nun jemals Ähnlichkeit mit einem wirbellosen Tiere haben?

Die Irrlehre endlich von der einreihigen Stufenfolge der Tiere beseitigt Baer durch seine Unterscheidung des Typus der Organisation und des Grades der Ausbildung (vgl. S. 361). Damit bahnte er selbst den Weg zu einer richtigeren Auffassung der parallelen Entwicklung. Nachdem er die falsche Meinung der absoluten Parallelisten und die Schwierigkeiten ihrer Theorie zurückgewiesen hat, fährt er fort: „Sollte sich aber für die Entwicklungsgeschichte des Individuums als Inhaber einer besonderen organischen Form gar kein Gesetz finden lassen? Ich glaube, ja, und will versuchen, es aus folgenden Betrachtungen zu entwickeln. Die Embryonen der Säugetiere, Vögel, Eidechsen, Schlangen, wahrscheinlich auch Schildkröten, sind in frühen Zuständen einander ungemein ähnlich, im ganzen, sowie in der Entwicklung der einzelnen Teile, so ähnlich, daß man oft die Embryonen nur nach der Größe unterscheiden kann. Ich besitze zwei kleine Embryonen in Weingeist, für die ich versäumt habe, die Namen zu notieren, und ich bin jetzt durchaus nicht imstande, die Klasse zu bestimmen, der sie angehören.

Es können Eidechsen, kleine Vögel, oder ganz junge Säugetiere sein. So übereinstimmend ist Kopf- und Rumpfbildung in diesen Tieren. Die Extremitäten fehlen aber noch. Wären sie auch da, auf der ersten Stufe der Ausbildung begriffen, so würden sie doch nichts lehren, da die Füße der Eidechsen und Säugetiere, die Flügel und Füße der Vögel, sowie die Hände und Füße der Menschen sich aus derselben Grundform entwickeln. Je weiter wir also in der Entwicklungsgeschichte der Wirbeltiere zurückgehen, desto ähnlicher finden wir die Embryonen im ganzen und in den einzelnen Teilen."

Bleibt Baer mit diesen Worten immer noch innerhalb des Wirbeltier-Typus, so sieht er sich den beobachteten Tatsachen gegenüber doch gezwungen, auch die Grenzen der einzelnen Typen zu überschreiten und alle Tiere in das gemeinsame Gesetz mit einzuschließen. „Diese Bemerkungen", so fährt er fort, „führen uns zu der Frage, ob wir denn nicht, immer weiter zurückgehend, auf eine Stufe gelangen können, wo auch die Embryonen der Wirbeltiere und Wirbellosen übereinstimmen? Ich werde zu erweisen suchen, daß auch die gegliederte Tierreihe (die Artikulaten) mit einem Primitivstreifen ihre Entwicklung beginnt. In diesem kurzen Moment würde also Übereinstimmung zwischen ihnen und den Wirbeltieren sein. In dem eigentlichen Keimzustande ist aber wahrscheinlich Übereinstimmung unter allen Embryonen, die aus einem Ei sich entwickeln. Je weiter wir also in der Entwicklung zurückgehen, desto mehr finden wir auch in sehr verschiedenen Tieren eine Übereinstimmung. Wir werden hierdurch zu der Frage geführt: ob nicht im Beginne der Entwicklung alle Tiere im wesentlichen sich gleich sind, und ob nicht für alle eine gemeinsame Urform besteht? — Da der Keim das unvollkommene Tier ist, so kann man nicht ohne Grund behaupten, daß die einfache Blasenform die gemeinschaftliche Grundform ist, aus der sich alle Tiere, nicht nur der Idee nach, sondern historisch entwickeln."

Louis Agassiz und Robert Chambers.

War bisher nur der Parallelismus zwischen der embryonalen Entwicklung und der systematischen Stufenfolge der Tiere in betracht gezogen worden, so lehrte die aufblühende Paläontologie eine neue, wirklich historische Reihe von Formen in den Versteinerungen der Erdrinde kennen. Louis Agassiz, der hervorragende Systematiker und Paläontolog, der völlig auf dem Boden der Schöpfungslehre stand

und die einzelnen Arten als „verkörperte Schöpfungsgedanken Gottes“ betrachtete, hatte schon in seinen „Untersuchungen über fossile Fische“[6]) auf die Ähnlichkeit hingewiesen, die zwischen den Jugendformen einiger lebender Tiere und den fossilen Repräsentanten derselben Familien in früheren Erdperioden besteht. Er bezeichnete diese geradezu als „embryonale Typen“. In seinem berühmten „Essay on Classification“[7]) widmete er dem Parallelismus zwischen der geologischen Aufeinanderfolge der Tiere und der embryonalen Entwicklung ihrer lebenden Repräsentanten eine ausführliche Erörterung, ebenso dem Parallelismus zwischen dem Grade der Ausbildung der Tiere und ihrer embryonalen Entwicklung. Er betrachtet es als eine allgemeine Tatsache, „die um so besser illustriert wird, je weiter die Untersuchungen ausgedehnt werden, daß die Entwicklungsphasen der lebenden Tiere korrespondieren mit der Reihenfolge ihrer ausgestorbenen Repräsentanten in vergangenen geologischen Zeiten“.

Auch Chambers, der Verfasser der englischen „Natürlichen Schöpfungsgeschichte“[8]), die in den vierziger Jahren in England ein ähnliches Aufsehen erregte wie Ernst Haeckels „Natürliche Schöpfungsgeschichte“ in den siebziger Jahren in Deutschland, bespricht die dreifache Parallele der individuellen, systematischen und paläontologischen Reihenfolge der Formen sehr ausführlich und mit guter Kenntnis der Tatsachen. Er sieht in der erdgeschichtlichen Entwicklung der Organismen einen Prozeß, der ungeheure Zeiträume hindurch gedauert hat, aber gleichwohl mit dem kürzeren Verfahren, durch welches ein Einzelwesen von einem bloßen Keime aus ins Leben gerufen wird, in Verbindung steht. Auch der Mensch selbst steht, wie Chambers bemerkt, nicht außerhalb dieses Gesetzes. „Seine erste Form ist die permanente des Infusionstierchens. Dann geht seine Organisation, ehe sie ihre spezifische Reife erhält, stufenweise durch Phasen, die dem Wurm, Fisch, Reptil, Vogel und den niederen Säugetieren gleichen. Auf einer der letzten Stufe seines fötalen Wachstums hat er einen Zwischenkiefer, der den ausgewachsenen Affen bezeichnet; dieser aber verliert sich und er nimmt dann gleich Abschied vom Affentypus und wird ein wirkliches Menschengeschöpf. Ja, wir werden finden, daß die Rasse-

[6]) Recherches sur les poissons fossiles. Neuchâtel 1833—42. — [7]) Einleitung zu den „Contributions to the natural history of North Amerika. Boston 1857; als besonderes Buch erschienen 1859. — [8]) Vestiges of the natural history of creation, 1844. Deutsch nach der 6. englischen Auflage von Carl Vogt. 1851.

verschiedenheiten in der Entwicklung eines Individuums, das der höchsten Rasse angehört, repräsentiert sind, und daß der Kaukasier, der am höchsten steht, eine solche Entwicklung durchmacht." Ausdrücklich erinnert er daran, daß nicht nur die systematische Stufenfolge der lebenden Tiere, sondern auch die Aufeinanderfolge der tierischen Formen im Lauf der Erdgeschichte im allgemeinen den fortschreitenden Formen der individuellen Entwicklung entspricht.

Die Ähnlichkeit des Embryos z. B. eines höheren Wirbeltiers gilt jedoch nicht, wie Chambers betont, dem ausgewachsenen Fisch oder dem ausgewachsenen Reptil, sondern dem Fisch und Reptil auf einem gewissen Punkt ihrer fötalen Entwicklung. Es scheint ihm, als bestehe die Entwicklung aus zwei besonderen unabhängigen Stadien: aus einem, welches die Entwicklung des neuen Wesens durch die untergeordneten Typen, oder vielmehr durch die entsprechenden ersten Stufen ihrer Entwicklung hindurch zum Zweck habe, und aus einem andern, dem die Vervollkommnung und vollständige Reife des Geschöpfs auf Grundlage des erreichten Entwicklungspunktes übertragen sei. Chambers verdeutlicht dies durch eine einfache Zeichnung, modifiziert, wie er bemerkt, nach Carpenters „Allgemeiner Philosophie". Der Foetus aller vier Wirbeltierklassen schreitet der Annahme nach in ganz gleichem Zustand aufwärts zu dem Punkt A. Der Fisch lenkt bei D ab und schlägt eine besondere, ihm eigene Richtung ein nach dem Punkt seiner Reife F. Reptil, Vogel und Säugetier gehen weiter zu C, wo das Reptil in gleicher Weise abschweift und für sich allein nach R fortschreitet. Der Vogel divergiert bei A und geht nach V. Es ist klar, meint Chambers, „das einzige Erfordernis für die Erhebung von einem Grad auf den andern in dem Entstehungsprozeß liegt darin, daß z. B. der Fischembryo bei D nicht ablenke, sondern ehe er ablenkt, nach C gehe, in welchem Falle dann kein Fisch, sondern ein Reptil entstehen würde." Den gerade fortschreitenden Teil der Entwicklung über einen kleinen Raum hinzuhalten sei alles, was nötig ist.

Carl Vogt bemerkt dazu: „Kein Embryo einer bestimmten Klasse von Wirbeltieren gleicht gänzlich dem einer andern Klasse zu irgend einer Zeit seiner Existenz; ein Vogel- oder Reptil-Embryo ist niemals einem Fisch-Embryo vollkommen gleich, er ist ihm nur ähnlich. Man kann in der Entwicklung eines jeden Embryos zwei Anlagen oder Richtungen entdecken; durch die eine oder die allgemeine dokumentiert er sich als Wirbeltier z. B. und schreitet durch Bildungen fort, welche

den in der erwachsenen Tierwelt vorkommenden analog sind; durch die zweite, die spezifische Anlage, zeigt er sogleich seine eigentümliche Natur als Fisch, Reptil oder Vogel. Es gibt deshalb gar keinen „gerade fortschreitenden Teil der Entwicklung“. Der Fötus jeder Klasse entwickelt sich einer eigenen Richtungslinie gemäß, welche sich in ihrem Anfange zwar der Richtungslinie einer andern Klasse nähert, sie aber niemals erreicht.“

Darwin.

Unter den Tatsachen, die Darwin zwanzig Jahre lang gesammelt, gesichtet und geordnet hatte, um seine Abstammungslehre zu begründen, fehlten natürlich die Tatsachen der Embryologie nicht. Er erörtert sie im 13. Kapitel seines Buches über die Entstehung der Arten und stellt sie in das Licht der Deszendenztheorie [9]). „Der Embryo, sagt er, ist das Tier in seinem weniger modifizierten Zustand und enthüllt uns insofern die Struktur seines Stammvaters. Zwei Tiergruppen mögen jetzt in Bau und Lebensweise noch so verschieden sein: wenn sie gleiche oder ähnliche Embryozustände durchlaufen, so dürfen wir uns überzeugt halten, daß beide von denselben oder voneinander sehr ähnlichen Eltern abstammen und deshalb in entsprechendem Grade einander nahe verwandt sind. So verrät Übereinstimmung in der Embryo-Bildung gemeinsame Abstammung, wie sehr auch die Organisation der Alten abgeändert und verhüllt worden sein mag“ [10]). „Da der Embryo-Zustand einer jeden Art und jeder Artengruppe — heißt es weiter — uns teilweise den Bau ihrer alten, noch wenig modifizierten Stammformen überliefert, so ergibt sich auch deutlich, warum alte und erloschene Lebensformen den Embryonen ihrer Nachkommen, unsern heutigen Sippen nämlich, gleichen. Agassiz hält dies für ein Naturgesetz; ich bin aber zu bekennen genötigt, daß ich erst später das Gesetz noch bestätigt zu sehen hoffe. Denn es läßt sich nur in den Fällen beweisen, wo der alte, angeblich in den jetzigen Embryonen vertretene Zustand in dem langen Verlauf andauernder Modifikation

---

[9]) Entstehung der Arten. Deutsch von H. G. Bronn, 1860, S. 452 f. In den späteren Auflagen ist es das 14. Kapitel. — [10]) Spätere Auflagen fügen hier, augenscheinlich unter dem Eindruck der Erörterungen Fritz Müllers und Ernst Haeckels, hinzu: „Unähnlichkeit in der Embryonal-Entwicklung beweist nicht immer eine verschiedene Abstammung, denn in einer von zwei Gruppen können die Entwicklungsstufen unterdrückt oder durch Anpassung an eine Lebensweise so stark modifiziert sein, daß man sie nicht wieder erkennen kann“.

weder durch sukzessive, in einem früheren Lebensalter erfolgte Abänderungen, noch durch Vererbung der Abweichungen auf ein früheres Lebensalter, als worin sie ursprünglich aufgetreten sind, verwischt worden ist. Auch ist zu erwägen, daß das angebliche Gesetz der Ähnlichkeit alter Lebensformen mit den Embryozuständen der neuen ganz wahr sein und doch, weil sich der geologische Schöpfungsbericht nicht weit genug rückwärts erstreckt, noch auf lange hinaus oder für immer unbeweisbar bleiben kann."

Fritz Müller.

Unter den Naturforschern, die Darwins Theorie von der Entstehung der Arten — durch Abstammung mit Abänderung — im besonderen auf die individuelle Entwicklungsgeschichte der Tiere anwendeten, ragt Fritz Müller hervor[11]). Als dieser Darwins Buch über die Entstehung der Arten gelesen hatte, schien es ihm, daß einer der Wege und der sicherste vielleicht, die darin entwickelten Ansichten auf ihre Richtigkeit zu prüfen, der sei, daß man eine möglichst ins einzelne gehende Anwendung auf eine bestimmte Tiergruppe versuche. Müller entschied sich, diesen Versuch bei den Krebstieren anzustellen. Nirgends war, wie er bemerkt, die Versuchung dringender, den Ausdrücken „Verwandtschaft, Hervorgehen aus gemeinsamer Grundform" und ähnlichen eine mehr als bloß bildliche Bedeutung beizulegen, als bei den niederen Krustern. Erschien auch der „Stammbaum der Krebse" als ein Unternehmen, für dessen befriedigende Ausführung die Kraft und Lebensfrist eines einzelnen kaum ausreichen mochte, so wurde dem „König der Beobachter" seine Ausführbarkeit doch täglich weniger zweifelhaft. Auf dem Gebiete der Entwicklungsgeschichte der Kruster hatte die Wissenschaft bereits eine bunte Fülle merkwürdiger Tatsachen zusammengetragen, die aber für sie ein wüstes Haufenwerk unhandlichen Rohstoffs geblieben war. Unter Müllers Hand schlossen sich diese zerstreuten Werkstücke zu einem wohlgefügten Bau zusammen, in dem jedes, tragend und getragen, seine bedeutsame Stelle fand. Von höchster Wichtigkeit sind die allgemeinen Ergebnisse, zu denen ihn seine speziellen Untersuchungen leiteten.

Darwins Lehre ließ erwarten, daß im Fortgang der Entwicklung die anfangs ähnlichen Formen immer weiter auseinandergehen. Fritz

[11]) Für Darwin. 1864.

Müller fand, daß dies allerdings die Regel sei; aber bei den Krebstieren wie in andern Klassen sind die Ausnahmen zahlreich. Nicht selten könnte man den Satz umkehren und sagen, daß die Verschiedenheit umso größer wird, je weiter man in der Entwicklung zurückgeht, selbst bei nahestehenden Formen. In andern Fällen gehen die Wege, die von gleichen Ausgangspunkten zu gleichen Zielen führen, in der Mitte der Entwicklung weit auseinander. Endlich kommt es vor, daß die größte Ähnlichkeit in die Mitte der Entwicklung fällt.

Die Veränderungen, durch welche sich Junge von ihren Erzeugern entfernen, und deren allmähliche Häufung die Entstehung neuer Arten, Gattungen, Familien veranlaßt, können in früherem oder späterem Lebensalter auftreten, in der Jugend oder zur Zeit der Geschlechtsreife. Die Nachkommen gelangen also zu einem neuen Ziele entweder indem sie schon auf dem Wege zur elterlichen Form früher oder später abirren, oder indem sie diesen Weg zwar unbeirrt durchlaufen, aber dann statt stille zu stehen noch weiter schreiten. Die erstere Weise wird vorwiegend da gewirkt haben, wo die Nachkommenschaft gemeinsamer Ahnen einen in den wesentlichsten Zügen auf gleicher Stufe stehenden Formenkreis bildet, wie etwa sämtliche Vögel. Dagegen wird man zur Annahme der zweiten Weise der Fortschreitens geführt, sobald man von gemeinsamer Stammform Tiere abzuleiten sucht, von denen die einen übereinstimmen mit Jugendzuständen der andern. Im ersteren Falle wird die Entwicklungsgeschichte der Nachkommen mit der ihrer Vorfahren nur bis zu dem Punkte zusammenfallen können, an dem ihre Wege sich schieden; über deren Bau im erwachsenen Zustande wird sie nichts lehren. Im zweiten Falle wird die ganze Entwicklung der Vorfahren auch von den Nachkommen durchlaufen und soweit daher die Entstehung einer Art auf dieser zweiten Weise beruht, wird die geschichtliche Entwicklung der Art sich abspiegeln in deren Entwicklungsgeschichte.

Auch die Abänderungen der Rekapitulation sucht Müller verständlich zu machen. Im allgemeinen, meint er, wird es einem Tiere von Nutzen sein, der Vorzüge, durch die es im Kampf ums Dasein sich behauptet, so früh wie möglich teilhaftig zu werden. Ein verfrühtes Auftreten später erworbener Eigentümlichkeiten wird meist Vorteil, ein verspätetes Nachteil bringen; ersteres, wo es einmal zufällig sich zeigt, wird durch die natürliche Auslese erhalten werden. Ebenso jede Abänderung, die den Kreuz- und Querzügen durch mannig-

faltige Larvenzustände eine mehr geradlinige Richtung gibt, den Entwicklungsgang vereinfacht, abkürzt, in frühere Lebenszeit und endlich ins Eileben zurückverlegt. Da dieser Übergang einer durch verschiedenartige Jugendzustände hindurchgehenden in eine mehr unmittelbare Entwicklung nicht Folge eines inwohnenden mystischen Triebes, sondern abhängig ist von zufällig sich bietenden Fortschritten, so wird derselbe bei nächstverwandten Tieren auf die verschiedenste Weise vor sich gehen und sehr verschiedene Zeit zu seinem Ablauf erfordern können.

Neben diesem allmählichen Verklingen der Vorgeschichte findet zugeich eine Fälschung der in der Entwicklungsgeschichte niedergelegten Urkunde durch den Kampf ums Dasein statt. Denn selbstverständlich muß auf Larven, die für sich selbst zu sorgen haben, der Kampf ums Dasein und die damit verbundene natürliche Auslese in gleicher Weise verändernd und fortbildend wirken, wie auf erwachsene Tiere. Die von den Fortschritten des erwachsenen Tieres unabhängigen Veränderungen der Larve werden um so bedeutender sein, je länger die Lebensdauer der Larve im Vergleich zu der des erwachsenen Tieres ist, je abweichender ihre Lebensweise und je schärfer ausgesprochen die Teilung der Arbeit zwischen den verschiedenen Entwicklungsstufen. Diese Vorgänge haben in gewisser Weise eine dem allmählichen Verklingen der Urgeschichte entgegengesetzte Wirkung; sie vergrößern die Unterschiede zwischen den einzelnen Entwicklungsstufen, und man begreift, wie selbst ein geradliniger Entwicklungsgang durch sie wieder in eine Entwicklung mit Verwandlungen umgebildet werden kann.

Dies die theoretischen Erörterungen Fritz Müllers, zu denen ihn die tatsächlichen Vorgänge führen. Er faßt sie in den folgenden Hauptsätzen zusammen:

In der kurzen Frist weniger Wochen oder Monden führen die wechselnden Formen der Embryonen und Larven ein mehr oder minder vollständiges, mehr oder minder treues Bild der Wandlungen an uns vorüber, durch welche die Art im Laufe ungezählter Jahrtausende zu ihrem gegenwärtigen Stande sich emporgerungen hat.

Die in der Entwicklungsgeschichte erhaltene geschichtliche Urkunde wird allmählich verwischt, indem die Entwicklung einen immer geraderen Weg vom Ei zum fertigen Tiere einschlägt, und sie wird häufig gefälscht durch den Kampf ums Dasein, den die frei lebenden Larven zu bestehen haben.

Die Urgeschichte der Art wird in ihrer Entwicklungsgeschichte um so vollständiger erhalten sein, je länger die Reihe der Jugendzustände ist, die sie gleichmäßigen Schrittes durchläuft, und um so treuer, je weniger sich die Lebensweise der Jungen von der der Alten entfernt, und je weniger die Eigentümlichkeiten der einzelnen Jugendzustände als aus späteren in frühere Lebensabschnitte zurückverlegt oder als selbständig erworben sich auffassen lassen.

Ernst Haeckel.

An Darwin und Fritz Müller knüpft Ernst Haeckel an. Insbesondere nötigt ihm Fritz Müllers Behandlung des Entwicklungsproblems hohe Bewunderung ab. Er nennt dessen Schrift ein Muster monistisch-denkender Naturbetrachtung, ein unübertroffenes Beispiel monistisch-kausaler Behandlung der Entwicklungsgeschichte, die durch die wichtige Verbindung der individuellen und paläontologischen Entwicklungsgeschichte einige der schwierigsten und verwickeltsten Fragen der tierischen Morphologie zu einer ebenso klaren als einfachen Lösung führt[12]).

Unter Haeckels Händen werden die Betrachtungen Fritz Müllers zu einer förmlichen Theorie. Zunächst faßt er sie in scharfgeprägten „Thesen von dem Kausalnexus der biontischen und der phyletischen Entwicklung" folgendermaßen zusammen[13]):

1. Die Ontogenesis oder die Entwicklung der organischen Individuen, als die Reihe von Formveränderungen, welche jeder individuelle Organismus während der gesamten Zeit seiner individuellen Existenz durchläuft, ist unmittelbar bedingt durch die Phylogenesis oder die Entwicklung des organischen Stammes (Phylon), zu welchem derselbe gehört.

2. Die Ontogenesis ist die kurze und schnelle Rekapitulation der Phylogenesis, bedingt durch die physiologischen Funktionen der Vererbung (Fortpflanzung) und Anpassung (Ernährung).

3. Das organische Individuum wiederholt während des raschen und kurzen Laufes seiner individuellen Entwicklung die wichtigsten von denjenigen Formveränderungen, welche seine Voreltern während des langen und langsamen Laufes ihrer paläontologischen Entwicklung nach den Gesetzen der Vererbung und Anpassung durchlaufen haben.

---

[12]) Generelle Morphologie II, 1866, S. 185. — [13]) Generelle Morphologie, II, 300.

4. Die vollständige und getreue Wiederholung der phyletischen durch die biontische Entwicklung wird verwischt und abgekürzt durch sekundäre Zusammenziehung, indem die Ontogenese einen immer geraderen Weg einschlägt; daher ist die Wiederholung um so vollständiger, je länger die Reihe der sukzessiv durchlaufenen Jugendzustände ist.

5. Die vollständige und getreue Wiederholung der phyletischen durch die biontische Entwicklung wird gefälscht und abgeändert durch sekundäre Anpassung, indem sich das Bion während seiner individuellen Entwicklung neuen Verhältnissen anpaßt; daher ist die Wiederholung umso getreuer, je gleichartiger die Existenzbedingungen sind, unter denen sich das Bion und seine Vorfahren entwickelt haben.

Die weiteren Erörterungen über den dreifachen Parallelismus der individuellen Entwicklung, systematischen Stufenfolge und der erdgeschichtlichen Entwicklung der Organismen faßt Haeckel in folgenden „Thesen" zusammen[14]).

1. Die Kette von sukzessiven Formveränderungen, welche die Bionten während ihrer individuellen Existenz durchlaufen, ist im ganzen parallel der Kette von sukzessiven Formveränderungen, welche die Vorfahren der betreffenden Bionten während ihrer paläontologischen Entwicklung aus der ursprünglichen Stammform ihres Phylon durchlaufen haben.

2. Diese Parallele zwischen der biontischen und der phyletischen Entwicklung erklärt sich aus den Gesetzen der Vererbung und insbesondere aus den Gesetzen der abbreviierten, homotopen und homochronen Vererbung.

3. Die Kette von koexistenten Formverschiedenheiten, welche die verwandten Arten und Artengruppen jedes Stammes zu jeder Zeit der Erdgeschichte darbieten, ist im ganzen parallel der Kette von sukzessiven Formveränderungen, welche die divergenten Formenbüschel dieses Stammes während ihrer paläontologischen Entwicklung aus der gemeinsamen ursprünglichen Stammform durchlaufen haben.

4. Diese Parallele zwischen der systematischen und phyletischen Entwicklung erklärt sich aus den Gesetzen der Divergenz, und insbesondere aus der Erscheinung, daß die verschiedenen Äste und Zweige eines und desselben Stammes einen sehr ungleich raschen Verlauf ihrer phyletischen Veränderungen erleiden und zu sehr ungleicher Höhe sich entwickeln.

---

[14]) Generelle Morphologie, II, 421.

5. Die Kette von koexistenten Formverschiedenheiten, welche die verwandten Arten und Artengruppen jedes Stammes zu jeder Zeit der Erdgeschichte darbieten, ist im ganzen parallel der Kette der sukzessiven Formveränderungen, welche die Bionten der betreffenden Artengruppe während ihrer individuellen Existenz durchlaufen.

6. Diese Parallele erklärt sich aus der gemeinsamen Abstammung der verwandten Arten, und zunächst aus der Verbindung der beiden vorhergehenden Parallelen; denn wenn die phyletische Entwicklungsreihe sowohl der biontischen als der systematischen Entwicklungsreihe parallel ist, so müssen auch diese beiden letzteren untereinander parallel sein.

7. Der dreifache Parallelismus der phyletischen, biontischen und systematischen Entwicklung erklärt sich demnach, gleich allen andern allgemeinen Entwicklungserscheinungen, einfach und vollständig durch die Deszendenztheorie, während er ohne dieselbe gleich diesen allen völlig unerklärt bleibt.

Auf eine kurze Formel gebracht, lautet das „Biogenetische Grundgesetz“: Die Ontogenesis ist eine kurze und schnelle, durch die Gesetze der Vererbung und Anpassung bedingte Wiederholung der Phylogenesis des zugehörigen Stammes, d. h. der Vorfahren, welche die Ahnenkette des betreffenden Individuums bilden[15]).

Die in dem Zusatz enthaltene Beschränkung — bedingt durch die Gesetze der Vererbung und der Anpassung — erläutert Haeckel noch näher. Die Ontogenesis bildet eine einfache unverzweigte oder leiterförmige Kette von Formen, ebenso derjenige Teil der Phylogenie, welcher die paläontologische Entwicklungsgeschichte der direkten Vorfahren jenes individuellen Organismus enthält. Dagegen bildet die ganze Phylogenesis, welche uns in dem natürlichen System eines Stammes oder Phylum entgegentritt, eine verzweigte oder baumförmige Entwicklungsreihe, einen wirklichen Stammbaum. Untersuchen wir vergleichend die entwickelten Zweige dieses Stammbaums und stellen dieselben nach dem Grade ihrer Differenzierung und Vervollkommnung zusammen, so erhalten wir die baumförmig verzweigte systematische Entwicklungsreihe der vergleichenden Anatomie. Genau genommen ist also diese letztere der ganzen Phylogenesis parallel und kann mithin

[15]) Natürliche Schöpfungsgeschichte. 1. A. 1868, S. 253. 11. A. 1909, S. 309. Die Bezeichnung „Biogenetisches Grundgesetz“ tritt zuerst auf in der Monographie: „Die Kalkschwämme“ I, 1872, S. 330, S. 471.

nur teilweise der Ontogenesis parallel sein; denn die Ontogenesis selbst ist nur einem Teil der Phylogenesis parallel[16]).

Die für das Biogenetische Grundgesetz allein in Betracht kommende Phylogenesis, die Vorfahrenreihe des betreffenden Individuums, hat Haeckel später als „Progonotaxis“ bezeichnet[17]).

Auf die Notwendigkeit einer weiteren Einschränkung der Tragweite des Biogenetischen Grundgesetzes macht Haeckel in seiner „Anthropogenie“ aufmerksam. Wenn der Parallelismus beider Reihen vollständig wäre und wenn dieses große Grundgesetz von dem Kausalnexus der Ontogenie und Phylogenie im eigentlichen Sinne des Wortes volle und unbedingte Geltung hätte, so würden wir bloß mit dem Mikroskop und mit dem anatomischen Messer die Formenreihe festzustellen haben, welche das befruchtete Ei bis zu seiner vollständigen Entwicklung durchläuft; wir würden dadurch uns sofort ein vollständiges Bild von der merkwürdigen Formenreihe verschaffen, welche z. B. die tierischen Vorfahren des Menschengeschlechts von Anbeginn der organischen Schöpfung bis zum ersten Auftreten des Menschen durchlaufen haben. — Allein nur bei den konservativen Organen, bei denen im Laufe der Stammesentwicklung die Vererbung das Übergewicht über die Anpassung beibehält, können wir die Ontogenie unmittelbar auf die Phylogenie anwenden und aus der Umbildung der Keimformen direkt auf die uralte Verwandlung der Stammformen zurückschließen. Bei den progressiven Organen hingegen, bei denen die Anpassung das Übergewicht über die Vererbung erhalten hat, ist meistens der ursprüngliche (phylogenetische) Entwicklungsgang im Laufe der Zeit so abgeändert, gefälscht und abgekürzt worden, daß wir durch die Erscheinungen der Keimesgeschichte nur sehr wenig Sicheres über die Stammesgeschichte derselben erfahren. Hier muß uns dann die vergleichende Anatomie zu Hilfe kommen, die oft viel wichtigere und zuverlässigere Angaben über die Phylogenie erteilt, als die Ontogenie vermag. Für die richtige und kritische Anwendung des Biogenetischen Grundgesetzes ist es also wichtig, stets beide Seiten desselben im Auge zu behalten[18]).

[16]) Natürliche Schöpfungsgeschichte. 1. A. 1868, S. 257. 11. A. 1909, S. 314. — [17]) Systematische Phylogenie III, 1895, S. 631; Unsere Ahnenreihe (Progonotaxis hominis). Kritische Studien über phyletische Anthropologie, 1908. — [18]) Anthropogenie. 1. A. 1874, S. 8 und S. 625. 6. A. 1910, S. 8 und 835. — (Die 6. Auflage hat für die Worte „volle und unbedingte Geltung hätte“ S. 8: „unmittelbar nachzuweisen wäre“). Ähnlich Systematische Phylogenie I, 1894, S. 8, II, 1896, S. 20, 263, 515, III, 1895, S. 621 und mehrfach.

In seinen „Studien zur Gastraea-Theorie" unterscheidet Haeckel die beiden Seiten der Ontogenesis als „Palingenesis" oder „Auszugsgeschichte", und „Cenogenesis" oder „Fälschungsgeschichte". Als die wichtigste Leuchte zur Aufhellung und Unterscheidung der palingenetischen und cenogenetischen Entwicklungsprozesse bezeichnet er auch hier die vergleichende Anatomie, „ohne deren Hilfe wir überhaupt die Rätsel der Cenogenie nicht lösen und den ursprünglichen Pfad der Palingenesis nicht erkennen würden"[19]. Im besonderen erörtert er hier auch die ontogenetischen Heterochronien, die ontogenetische Acceleration und Retardation. Die Heterochronie ist eine Acceleration oder Verfrühung, wenn in der Keimesgeschichte ein Organ viel früher erscheint, sich rascher entwickelt, als es im Verhältnis zu den übrigen Organen ursprünglich in der Stammesgeschichte der Fall war. Eine ontogenetische Acceleration ist z. B. bei den Wirbeltieren das frühzeitige Auftreten der Chorda, die auffallend frühzeitige Entstehung des Gehirns und der Augen, der Kiemenspalten, des Herzens usw. Die Heterochronie ist eine Retardation oder Verspätung, wenn in der Ontogenie ein Organ verhältnismäßig später auftritt, sich langsamer entwickelt, als es ursprünglich in der entsprechenden Phylogenie der Fall gewesen sein muß, z. B. die späte Bildung der Vorkammer-Scheidewand im embryonalen Herzen der höheren Wirbeltiere, welche der Entstehung der Kammerscheidewand nachfolgt. Durch die cenogenetischen Heterochronien werden im Laufe der Zeit immer auffälliger diejenigen Organe in den Vordergrund der Ontogenie gedrängt, welche für die betreffende Hauptgruppe (Stamm, Klasse, Ordnung) vorzugsweise charakteristisch und wichtig sind. Umgekehrt werden im Laufe der Jahrtausende immer mehr diejenigen Organe in den Hintergrund der Ontogenie gedrängt, welche die allgemeinste Bedeutung für die betreffende Gruppe besitzen[20]. Die Einwendungen Baers gegen die Rekapitulations-Theorie finden durch die Cenogenesis-Theorie ihre Erledigung.

---

[19]) Das Verhältnis von Palingenie und Cenogenie und die Notwendigkeit der vergleichenden Anatomie zur Unterscheidung beider hat später Carl Gegenbaur in demselben Sinn wie Ernst Haeckel näher erörtert, in einem Vortrag „über Cänogenese" (1888, abgedruckt im Anatomischen Anzeiger III, 1888, S. 493) und in einer Abhandlung „Ontogenie und Anatomie, in ihren Wechselbeziehungen betrachtet" (Morphologisches Jahrbuch XV, 1889, S. 1. Beide wieder abgedruckt in Gegenbaurs gesammelten Abhandlungen III, S. 446 und 452). — Die Worte „palingenetisch" und „cenogenetisch" lassen sich passend mit „ahnentreu" und „ahnenfremd" verdeutschen. — [20]) Studien zur Gastraea-Theorie II (1875), S. 1.

Die Bedeutung des Biogenetischen Grundgesetzes liegt für Haeckel vor allem darin, daß es die Teleologie aus dem Gebiete der Ontogenie ebenso entfernt, wie die Deszendenztheorie die Teleologie aus der Phylogenie entfernt hat. „Die Phylogenesis ist die mechanische Ursache der Ontogenesis. Für oder wider diesen Satz wird in Zukunft jeder Naturforscher sich entscheiden müssen, der in der Biogenie sich nicht mit der bloßen Bewunderung merkwürdiger Erscheinungen begnügt, sondern darüber hinaus nach dem Verständnis ihrer Bedeutung strebt."

Das Biogenetische Grundgesetz war durch Haeckel zu einer umfassenden Theorie ausgestaltet worden. Unter seinem Einfluß kam Sinn und Verstand in die Ontogenie. Es ließ erkennen, warum ein Organismus sich entwickelt, und warum es sich gerade so entwickelt. Es war ein Induktionsgesetz, das aus zahllosen Einzelerkenntnissen abgeleitet war und nach genügender Begründung zu weitgehenden Deduktionen verwendet werden konnte. Es war zugleich eine heuristische Hypothese, die zu zahllosen Einzeluntersuchungen anleitete und einen sicheren Weg in die Tiefen der Ontogenie zeigte. Ernst Mehnert sagt von ihm[21]: „Wohl kaum hat je eine andere Erkenntnis mehr zum Aufblühen der Embryologie geführt, wie gerade diese, und die Aufstellung desselben gehört zu den lapidarsten Errungenschaften der Biologie überhaupt. Erst seitdem dieses Gesetz in Fleisch und Blut der Forscher übergegangen war und dieselbe sich gewöhnt hatten, in den Embryonalstadien einen Ausdruck ihrer Phylogenie zu erblicken, dauert der große Aufschwung, den die embryologische Forschung seit mehr als zwei Dezennien genommen hat". Und die beiden Basler Forscher Paul und Fritz Sarasin fühlen sich versucht, „die Bedeutung des Biogenetischen Gesetzes zur Erkenntnis längst abgelaufener Vorgänge für den Zoologen ebenso hoch anzuschlagen, wie für den Astronomen die Spektral-Analyse"[22].

Keibel und Hertwig.

Aber auch in der Gegenwart hat die Rekapitulations-Theorie ihre Gegner, ebenso wie zur Zeit Meckels. Die hervorragendsten sind Franz

[21]) E. Mehnert, Biomechanik, erschlossen aus dem Prinzip der Organogenese, 1898, S. 145. — [22]) P. und F. Sarasin, Zur Anatomie und Entwicklungsgeschichte der Ceylonesischen Blindwühle Ichthyophis glutinosa, 1887.

Keibel und Oskar Hertwig. Keibel[23]) gibt zu, daß die Erfahrungsreihen, welche im Biogenetischen Grundgesetz kondensiert sind, als tatsächlich vorhanden zugegeben werden müssen. Er erklärt ferner, daß er nicht daran zweifle, daß die Vorfahren der Säuger Stadien in ihrer Phylogenie durchgemacht haben, in welchem man sie zu den Fischen, dann solche, in welchen man sie zu den Amphibien und dann zu den Protamnioten rechnen mußte. Er bestreitet auch nicht, daß sich in der ontogenetischen Entwicklung der heutigen Säuger Eigentümlichkeiten finden, welche durch die Macht der Vererbung aus jenen Stadien herübergerettet worden sind. „Ja man kann manche Vorgänge in der Ontogenie geradezu als Beweise dafür gelten lassen, daß die Säuger die oben charakterisierten Stadien durchgemacht haben.“ Trotzdem kann sich Keibel nicht dazu verstehen, die Gültigkeit des Gesetzes anzuerkennen. Er scheint zu meinen, das Gesetz verlange einen rein palingenetischen Verlauf der Ontogenie. Auch W. Roux und andere wollen der cenogenetischen „Ausnahmen“ wegen dem „Gesetz“ Haeckels nur den Charakter einer „ontogenetischen Rekapitulations-Regel“ zuerkennen. Das Gesetz spricht jedoch ausdrücklich von der „durch Vererbung und Anpassung bedingten Wiederholung“ der Phylogenesis, umfaßt also die durch Anpassung bedingten cenogenetischen Abweichungen vor der Palingenesis mit, die mithin nicht außerhalb des Gesetzes fallen, also keine Ausnahmen sind. Um dies völlig unmißverständlich auszudrücken, kann man das Biogenetische Grundgesetz, ohne seinen Charakter zu ändern, auch so formulieren: Die Ontogenesis ist eine durch Anpassung modifizierte Wiederholung der Phylogenesis.

Keibel erinnert vor allem aber daran, daß häufig ein ontogenetisches Stadium im ganzen als Wiederholung einer Ahnenform angesprochen wird, während doch die einzelnen Organe meist auf verschieden hoher Stufe der Entwicklung stehen, in ein und demselben „Stadium“ also verschiedene Stadien durcheinander gemischt seien. Haeckel hat das keineswegs übersehen, als er zum Beispiel eine ontogenetische Stufe des Menschen als Gastrula-Stadium, eine andere als Fisch-Stadium usw. bezeichnete. Hat er doch selbst die Heterochronien der Ontogenie erläutert. Er ist nie so töricht gewesen, zu behaupten, daß der Mensch im Fisch-Stadium seiner Ontogenesis in allen Eigenschaften einem Fisch gleiche. Die Bezeichnungen nehmen nur ein hervortretendes

[23]) F. Keibel, Das Biogenetische Grundgesetz und die Cenogenese. Ergebnisse der Anatomie und Entwicklungsgeschichte VII, 1897, S. 722 ff.

Merkmal zu Hilfe, um überhaupt die Entwicklungs-Stadien terminologisch gegeneinander abzugrenzen. Man mag den Entwicklungsgrad der Organe zu verschiedenen Entwicklungszeiten vergleichen, wie es Albin Oppel getan hat[24]), und dabei finden, daß die einen sich rascher' die andern langsamer, oder einmal rascher dann wieder langsamer entwickeln; das ist aber nichts, was die Richtigkeit des Biogenetischen Gesetzes in Zweifel setzen könnte. Wir wissen ja, daß die einzelnen Organe sich relativ selbständig entwickeln; aber jeder einzelne Teil durchläuft doch in abgekürztem Verfahren Zustände, die in der phylogenetischen Entwicklung bleibend waren. Ernst Mehnert, der sich besonders eingehend mit diesen Verhältnissen befaßt hat, stellt fest: „Das Biogenetische Grundgesetz ist durch die Angriffe seiner Gegner nicht erschüttert worden. Es muß nach wie vor behauptet werden, daß eine jede Organogenese ganz und ausschließlich von ihrer Phylogenese abhängig ist. Nur dürfen wir nicht erwarten, daß die in der Phylogenese zusammengehörigen Entwicklungsstufen einer phylogenetischen Reihe auch in der individuellen Ontogenie der Nachkommen ebenso gleichzeitig auftreten, weil eine jede Organogenese eines jeden Trägers eine spezifisch eigene Schnelligkeit in ihrer Entfaltung besitzt. Auf diese Weise kommt es ganz naturgemäß dazu, daß die schnell sich differenzierenden Organe, wie z. B. das Medullarrohr, in der Regel schon frühere Perioden der Ontogenie beherrschen, als die Lokomotionsorgane. Aus dem gleichen Grunde besitzen die Großhirnhemisphären beim Menschen schon in der Jugendzeit eine solche Größe, welche derjenigen beim ausgewachsenen Menschen nur wenig nachsteht. Der Befund, den ein Embryo liefert, bietet daher in seinem Detail nicht Wiedergabe ein und desselben phyletischen Stadiums, sondern es besteht aus nebeneinander gelagerten phyletisch jungen und phyletisch älteren Organstufen." Als „Grundgesetz der Organogenese" findet Mehnert den Satz: „Die Schnelligkeit des ontogenetischen Entfaltungs-Prozesses eines Organs ist proportional seiner zurzeit eingehaltenen Entwicklungshöhe. Sie steigt jedesmal mit der Zunahme und sinkt jedesmal mit der Wiederaufgabe der einmal erreichten Entwicklungshöhe"[25]

---

[24]) Vergleichung des Entwicklungsgrades der Organe zu verschiedenen Entwicklungszeiten bei Wirbeltieren, 1891. — [25]) E. Mehnert, Biomechanik, S. 148 und 73. Vgl. auch dessen Abhandlung über „Kainogenese als Ausdruck differenter phylogenetischer Energien, 1897.

Oskar Hertwig hat sich seit 1898 immer wieder mit dem Biogenetischen Grundgesetz beschäftigt[26]). Er hält eine Reform, eine „Umwertung“ desselben für dringend notwendig. Es sind vor allem zwei Gründe, welche ihn zu dieser Reform drängen. Erstens sei es unmöglich, die ontogenetischen Stadien eines Lebewesens als Wiederholung der Formen, welche sich in der langen Vorfahrenreihe einander gefolgt sind, wissenschaftlich zu charakterisieren. Die Keimzelle der gegenwärtigen Lebewesen und ihre einzelligen Vorfahren am Beginne der Stammesgeschichte seien nur insofern miteinander vergleichbar, als sie unter den gemeinsamen Begriff der Zelle fallen, im übrigen aber in ihrem eigentlichen Wesen als organisierte Naturobjekte so verschieden voneinander, daß man von einer Wiederholung der einzelligen Ahnenform durch die Entwicklung eines jetzt lebenden Organismus in keiner Weise sprechen könne. Wie schon Nägeli bemerkt hatte: „Die Eizellen enthalten alle wesentlichen Merkmale der Art eben so gut, wie der ausgebildete Organismus, und als Eizellen unterscheiden sich die Organismen nicht minder voneinander als im entwickelten Zustand“[27]). Mit dieser Ansicht, daß die Eizelle eigentlich schon ebenso kompliziert ist, wie das ausgebildete Tier, das aus ihr hervorgeht, läßt sich nach Hertwig der die Wissenschaft beherrschende Gedanke einer natürlichen Entwicklung der Organismen nur durch die Annahme verbinden, daß die Eizelle in der Stammesgeschichte ebenfalls eine allmähliche Entwicklung durchgemacht habe, und daß sie dadurch aus einer Zelle mit wenigen und einfachen Anlagen zu einer unendlich und wunderbar komplizierten Anlagensubstanz geworden sei. Es sind also dieser Betrachtung gemäß in der Entwicklung einer Organismenart zwei verschiedene Reihen von Vorgängen zu unterscheiden: 1. Die Entwicklung der „Artzelle“ oder des Eies, welche sich in einer steten fortschreitenden Richtung von einer einfacheren zu einer komplizierteren Organisation fortbewegt; 2. die sich periodisch wiederholende Entwicklung des vielzelligen Individuums aus der einzelligen Artzelle oder die einzelne Onto-

[26]) Vgl. O. Hertwig, Die Zelle und die Gewebe II, 1898, Kap. XIX; Allgemeine Biologie, 4. A. 1914; Über die Stellung der vergleichenden Entwicklungslehre zur vergleichenden Anatomie, zur Systematik und Deszendenztheorie. Handbuch der Entwicklungslehre. Bd. III, Teil 3, 1906, S. 149; Das Biogenetische Grundgesetz nach dem heutigen Stand der Biologie. Internationale Wochenschrift I, 1907, Nr. 2 und 3; Elemente der Entwicklungslehre, 4. A. 1910, S. 438; Das Werden der Organismen, 1916, Kap. 5. — [27]) Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, 1884, S. 22.

genese. Diese erfolgt im allgemeinen in derselben Weise wie die zunächst vorhergegangene Ontogenese, aber jedesmal ein wenig modifiziert, entsprechend dem Betrag, um welchen sich die Artzelle in ihrer Entwicklung verändert hat.

Beide Entwicklungsreihen, so folgert Hertwig weiter, müssen in einem kausalen Abhängigkeitsverhältnis zu einander stehen und einen vollkommenen Parallelismus zeigen. Denn einmal muß jede Veränderung in der Anlage der Eizelle notwendig einen entsprechend abgeänderten Verlauf der Ontogenese zur Folge haben. Umgekehrt kann eine Veränderung, welche in späteren Stadien und im Endprodukt der Ontogenese nur dann zu einem bleibenden Erwerb der Art werden, wenn sie das Idioplasma der Eizelle, die Erbsubstanz, für die nächste Generation in entsprechender Weise abzuändern vermag. Dieses Abhängigkeitsverhältnis zwischen dem Eizustand einerseits und dem Verlauf und Endresultat der Ontogenese andererseits bezeichnet Hertwig als das „ontogenetische Kausalgesetz“ und als den Parallelismus zwischen Anlage und Anlageprodukt.

Die Lehre Hertwigs von dem Art-Charakter der Eizelle ist nicht neu. Haeckel hat sie bereits im Jahre 1874 ausgesprochen, in der ersten Auflage seiner „Anthropogenie“, wo es heißt (S. 385): „Unsere phylogenetische Deutung der Eizelle und ihre Zurückführung auf die uralte Ahnenform der Amöbe führt uns zugleich zur definitiven Lösung des alten scherzhaften Rätselworts: Ob das Ei früher da war oder das Huhn? Wir können jetzt dieses Sphinx-Rätsel, mit welchem unsere Gegner oft meinen die Entwicklungs-Theorie in die Enge zu treiben oder gar zum Widerruf zu zwingen, ganz einfach dahin beantworten: das Ei war viel früher da als das Huhn. Freilich war aber das Ei ursprünglich nicht als Vogel-Ei da, sondern als indifferente amöboide Zelle in der allgemeinsten und einfachsten Form. Das Ei lebte jahrtausendelang selbständig als einfachster einzelliger Organismus, als Amöbe. Erst nachdem die Nachkommenschaft dieser einzelligen Urtiere sich zu vielzelligen Tierformen entwickelt, und nachdem diese sich geschlechtlich differenziert hatten, erst dann entstand aus der amöboiden Zelle das Ei in dem heutigen physiologischen Sinne des Wortes. Auch dann war das Ei zuerst Wurm-Ei, später Acranier-Ei, dann Fisch-Ei, Amphibien-Ei und zuletzt erst Vogel-Ei. Das heutige Vogel-Ei also, wie es unsere Hühner uns täglich legen, ist ein höchst kompliziertes historisches Produkt, das Resultat zahl-

loser Vererbungs-Prozesse, welche sich im Laufe vieler Millionen Jahre abgespielt haben." Der „Parallelismus zwischen Anlage und Anlageprodukt" ist damit klar beschrieben. Besteht aber dieser Parallelismus wirklich, dann läßt sich auch für die Anlage, also für die Eizelle, das Anlageprodukt substituieren, das uns offenbart, was die Eizelle der Anlage nach ist. Die Tatsachen der Ontogenie zeigen aber unleugbar, daß die Entwicklungsfolge hier der Entwicklungsfolge der Paläontologie sowie der genetisch gedeuteten Stufenfolge des vergleichend anatomisch begründeten Systems entspricht.

Hier setzt nun aber ein zweiter Einwand Hertwigs ein; er lautet: Auf die äußere Ähnlichkeit embryonaler Formen mit niederen Tierarten läßt sich kein Schluß auf eine gemeinsame Abstammung beider begründen. Es ist z. B., sagt Hertwig, nicht zulässig, zu schließen: weil die Säugetier-Embryonen in einer gewissen Periode mit Schlundspalten ausgestattet sind, müssen ihre Ahnen in der Klasse der Fische gesucht werden. Man könne daraus nur schließen, daß die Säugetiere zu den Wirbeltieren gehören, für deren Ontogenese die Bildung von Schlundspalten ein allgemein zutreffender Charakterzug sei, und daß daher ihre Ahnen Wirbeltiere gewesen seien; dagegen liege kein systematischer (!) Grund vor, ihre Ahnen unter den Fischen zu suchen, welche wegen ihrer abweichenden systematischen Merkmale von den Säugetieren mit Recht unterschieden würden.

Hier ist der schwache Punkt Hertwigs. Aus der Ontogenese allein auf Fisch-Ahnen der Säugetiere zu schließen, wäre allerdings gewagt. Wenn aber zugleich auch die vergleichende Anatomie und, vor allem, die Paläontologie auf die Fische — nicht der Gegenwart, sondern des Silurs — als Vorfahren der Säugetiere hinweisen, dann ist es unmöglich, den Stammbaum dieser von Anfang an neben dem der Fische herlaufen zu lassen. Hertwig berücksichtigt von den drei Haupturkunden der Phylogenie nur die Ontogenie und höchstens noch die vergleichende Anatomie, nicht aber die ausschlaggebende Paläontologie. Selbst einem Franz Keibel, welcher der Stellungnahme Hertwigs eine sehr große Bedeutung beimißt, „scheint O. Hertwig dem historischen Element, das nun doch einmal in der Entwicklungsgeschichte (Ontogenie) liegt, nicht voll gerecht zu werden"[28]). Deshalb trifft Hertwigs Kritik des

[28]) F. Keibel, Haeckels Biogenetisches Grundgesetz und das ontogenetische Kausalgesetz von Oskar Hertwig. Deutsche med. Wochenschrift Nr. 4, 26. Januar 1911, S. 170.

Biogenetischen Grundgesetzes einigermaßen daneben. Wenn er aber sagt: „Daß gewisse Formzustände in der Entwicklung der verschiedenen Tierarten mit so großer Konstanz und in prinzipiell übereinstimmender Weise wiederkehren, liegt hauptsächlich daran, daß sie unter allen Verhältnissen die notwendigen Vorbedingungen liefern, unter denen sich allein die folgende höhere Stufe der Ontogenese hervorbilden kann" — so läßt sich mit Theodor Boveri[29]) darauf entgegnen: „Wir haben durchaus keinen Anhaltspunkt, zu behaupten, der Zustand eines amnioten Wirbeltieres könne nur auf den Umwegen erreicht werden, die wir in seiner Ontogenie finden und die den fertigen Zuständen niederer Wirbeltiere so überraschend ähnlich sind. Und die Behauptung, daß die Zahnlosigkeit eines Bartenwals nur auf dem Wege einer embryonalen Bezahnung möglich sei, wird niemand vertreten wollen. Sollte aber doch jemand so starrsinnig sein, es zu tun, so brauchte man ihn nur auf die Vögel hinzuweisen, welche ihre Zahnlosigkeit ohne embryonale Bezahnung erreichen." Ebenso kann sich K. Heider[30]) „nicht verhehlen, daß zahlreiche Fälle nur schwer unter dem Gesichtspunkt des obigen Ausspruchs Hertwigs zu erklären sind. Es ist z. B. nicht von vornherein zu erkennen, daß die Entwicklung eines Exopodits oder Geißelastes in der Extremitäten-Entwicklung des Hummers eine notwendige Vorbedingung für die Ausbildung der definitiven Extremität ist, da wir sie in anderen Gruppen der Arthropoden-Extremitäten auf andere Weise entstehen sehen. Ebenso fällt es schwer, die Abdominal-Extremitäten des Insekten-Embryos als ein notwendiges Glied in der Reihe der ontogenetischen Vorgänge zu betrachten. Diese Rudimente treten auf und verschwinden, ohne daß eine bestimmte Bildung des definitiven Zustandes — soviel wir wissen — aus ihnen hervorginge". Ähnliche Fälle gibt es in großer Zahl; sie alle lassen sich gegen Hertwigs „allgemeines", d. h. nichtssagendes Entwicklungsgesetz, mobil machen.

Die „Reform" des Biogenetischen Grundgesetzes durch Hertwig gipfelt in dem Satz: „Wir müssen den Ausdruck: Wiederholung von Formen ausgestorbener Vorfahren fallen lassen und dafür setzen: Wiederholung von Formen, welche für die organische Entwicklung gesetzmäßig sind und vom Einfachen zum Komplizierteren fort-

---

[29]) Die Organismen als historische Wesen, 1906, Anm. 9, S. 54. — [30]) O. Hertwigs ontogenetisches Kausalgesetz. Naturw. Wochenschrift, N. F. X, Nr. 13, S. 205.

schreiten". Scharf und treffend wird diese „Reform" zurückgewiesen von Adolf Naef mit den Worten: „Es verträgt sich nicht mit den Grundsätzen wissenschaftlicher Methodik, für eine relative Ähnlichkeit von Zuständen oder Vorgängen so im allgemeinen „Gesetze" zur Erklärung heranzuziehen, vor allem aber mit „Gesetzen" zu operieren, wo man eine strenge Formulierung weder versucht noch überhaupt andeutet"[31]).

So haben auch die hartnäckigen Angriffe Oskar Hertwigs das Biogenetische Grundgesetz nicht erschüttern können. Im Gegenteil: nachdem es seine Fruchtbarkeit und seinen erklärenden Wert in der Biologie erwiesen hat, erobert es sich auch die Gebiete der Psychologie, Soziologie, Kulturgeschichte, Kunstgeschichte, Technologie und der Pädagogik. Auch hier erkennt man, daß die Einzelentwicklung der Gesamtentwicklung mehr oder weniger entspricht; mehr oder weniger, je nachdem die auf Vererbung beruhende Palingenesis durch die cenogenetische Wirkung der Anpassung verändert oder unverändert gelassen ist[32]). Immer mehr bestätigt sich im einzelnen das Wort

---

[31]) A. Naef, Die individuelle Entwicklung organischer Formen als Urkunde ihrer Stammesgeschichte, 1917. — [32]) Ein ausführliches Werk über die Geschichte und Theorie des Biogenetischen Grundgesetzes ist in Vorbereitung; hier können nur kurz einige Arbeiten aufgezählt werden, in denen das Gesetz zur Anwendung kommt. **Zoologie**: Die Lehrbücher der vergleichenden Anatomie von Gegenbaur und Wiedersheim. **Botanik**: K. Goebel, Organographie der Pflanzen I, 2. A., 1913, S. 356: Verschiedenheit der Organbildung auf verschiedenen Entwicklungsstufen, Jugendformen und Folgeformen; F. Hildebrand, Über die Jugendzustände von Pflanzen etc. Flora 1875; K. Ortlepp, Die Jugendstadien der Pflanzen mit besonderer Berücksichtigung ihres phylogenetischen und biologischen Wertes. Beilage zur Allgem. Ztg. 1903, Nr. 177. **Paläontologie**: L. Würtenberger, Neuer Beitrag zum geologischen Beweise der Darwinschen Theorie. Das Ausland, 1873, Nr. 1; Ch. Depéret, Les transformations du monde animal, 1907; deutsch von R. N. Wegner, 1909, S. 235: Individuelle und paläontologische Entwicklung; K. Diener, Paläontologie und Abstammungslehre, 1910, S. 76: Stammesgeschichte und Entwicklungsgeschichte des Individuums. **Psychologie**: J. Mark Baldwin, Die Entwicklung des Geistes beim Kind und bei der Rasse. Deutsch von A. E. Ortmann, 1898; S. Sterling, Das Biogenetische Grundgesetz in der Psychologie. Archiv für systemat. Philosophie 1906, S. 362; H. Vaihinger, Naturforschung und Schule, 1889. **Kulturgeschichte**: Lamprecht, Einführung in das historische Denken, 1913, S. 136. **Kunstgeschichte**: F. Rosen, Darstellende Kunst im Kindesalter der Völker. Zeitschr. für angewandte Psychologie und psychol. Sammelforschung, Bd. 1, 1917, S. 93; E. W. Bredt, Die zeichnerische Begabung des Kindes und die Entwicklung der Zeichnung im Mittelalter. Beilage zur Allgemeinen Zeitung, 1906, Nr. 89;

Goethes: „Die Jugend muß immer wieder von vorn anfangen und als Individuum die Epochen der Weltkultur durchmachen."

K. Lamprecht, Kinderkunst und Urgeschichte. Berliner Tageblatt Nr. 401, 8. Aug. 1915, 2. Beiblatt. **Soziologie**: P. Lilienfeld, Gedanken über die Sozialwissenschaft der Zukunft. I, 1873, S. 245: Soziale Embryologie; G. v. Natzmer, Das Biogenetische Grundgesetz im Leben der Insektenstaaten. Biolog. Centralblatt, 1915, S. 30. A. Loria, Soziologie, 1900; F. G. Strafella, Der sozial Primitive, 1917. **Sprachentwicklung**: W. Ament, Die Entwicklung von Sprechen und Denken beim Kinde, 1899; C. Franke, Sprachentwicklung der Kinder und der Menschheit; Reins Encyklopädisches Handbuch der Pädagogik, 6. Bd., 1899, S. 751. **Pädagogik**: Vaihinger (s. oben); W. Rein, Gesinnungsunterricht und Kulturgeschichte. Pädagogische Studien, 1888, 2. Heft; Rein, Pickel und Schelles, Das erste Schuljahr. Das Biogenetische Grundgesetz in der Erziehungslehre. Österreichische Bürgerschulzeitung, 1897, Nr. 6. — Im allgemeinen: H. Schmidt, Das Biogenetische Grundgesetz Ernst Haeckels und seine Gegner. 2. A. 1909.

18. Kapitel.

Biochemie.

Die organische Materie.

Schon Caesalpin (1583) hatte bemerkt, daß Pflanzen, die zu derselben Gattung gehören, meist auch dieselben „facultates" besitzen, d. h. dieselben verwendbaren chemischen Eigenschaften. Ebenso erklärte Camerarius[1]), daß die Pflanzen, welche in ihrer äußeren Form ähnlich sind, es auch in ihren Eigenschaften seien. Linné[2]) erweiterte diesen Gedanken dahin, daß den verschiedenen Verwandtschaftsgraden der Pflanzen auch eine in gleicher Weise abgestufte Ähnlichkeit ihrer „virtutes" entspreche. Pflanzen des gleichen Geschlechts, sagte er, haben gleiche Heilkräfte, Pflanzen der gleichen natürlichen Ordnung haben verwandte Eigenschaften, und selbst die Pflanzen der gleichen Klasse haben einige Übereinstimmung in ihren Kräften. August Pyrame de Candolle veröffentlichte 1804 einen „Versuch über die Arzneikräfte der Pflanzen, verglichen mit den äußeren Formen und der natürlichen Klasseneinteilung derselben"[3]), in dem er das Gesetz der Analogie zwischen den äußeren Formen und den Eigenschaften der Pflanzen ganz im einzelnen zu beweisen suchte. Er macht auch darauf aufmerksam, daß sich die Eigenschaften und Kräfte der Pflanzen mit ihrem Alter ändern, und daß es unter den näheren Bestandteilen der Pflanzen solche gibt, die nichts als besondere Zustände einer und derselben Substanz sind. „Diese verschiedenen Umgestaltungen, meint er, können uns in manchen Fällen als Mittel dienen, um zu begreifen, wie Pflanzen derselben natürlichen Familie scheinbar sehr verschiedene Substanzen darbieten."

---

[1]) De conventia plantarum in fructificatione et viribus. Tübingen 1699. — [2]) Amoenitates academicae. — [3]) Essai sur les propriétés médicales des plantes comparées avec leur formes. Paris 1804. Deutsch nach der 2. franz. A. von K. J. Perleb, Aarau 1818.

Die biochemische Ontogenie und Phylogenie war damit durch De Candolle vorbereitet.

1825 machte Ferdinand Runge den „Versuch, das natürliche System der Pflanzen auch chemisch zu begründen"[4]. Darin faßt er „die Ergebnisse der bisherigen Forschung" in folgenden Sätzen zusammen:

1. Es gibt eine Stoffübereinstimmung zwischen den Teilen (Organen) einer bestimmten Pflanze (Stoff, der die Spezies charakterisiert). Aesculus Hippocastanum z. B., die Roßkastanie, enthält in allen ihren verschiedenen Organen Gerbstoff.

2. Es gibt eine Stoffübereinstimmung zwischen den Arten einer Gattung (Stoff, der die Gattung charakterisiert). Blausäure findet sich in den Kernen aller Arten der Gattung Prunus.

3. Es gibt eine Stoffübereinstimmung zwischen den Gattungen einer Familie (Stoff, der die Familie charakterisiert). Das Veratrin in mehreren Gattungen der Colchiceen.

Auch stoffige Verbindungsglieder von Familien gäbe es, so daß auch bestimmte Familien einer Gruppe eine ihrer Formähnlichkeit parallel laufende Stoffübereinstimmung zeigten. So will Runge in mehreren Familien einen bestimmten, in seinen Eigenschaften sehr charakteristischen Stoff gefunden haben, der eine bedeutende Rolle bei der Entwicklung und Ausbildung (Metamorphose) spiele. Die eine Spezies enthalte diesen Stoff bloß in der Wurzel, die andere nur im Stengel, die dritte nur im Blatt, indes die vierte ihn in allen drei Teilen enthält, welchen er bei der fünften gänzlich fehlt, dafür aber in Blüte oder Samen auftritt. Man erinnert sich hier an Goethes Metamorphose der Pflanze, die ja auch im Grunde nichts als eine Evolution des Stoffes ist (vgl. S. 68).

Schon 1820 hatte Runge geschrieben: „Die Genesis der Pflanze bezeichnet auch die Genesis der Pflanzenchemie. Wie das Lebende, Organische, sich aus dem Toten, Anorganischen evolviert, so die Pflanze aus dem Mineral, so die Pflanzenchemie aus der Mineralchemie"[5].

Runge ist aber Evolutionist im alten Sinn, Präformist. Das Höhere, das sich aus dem Niederen entwickelt, ist ihm nur die Wiederholung des Niederen in einer höheren Potenz. „Es muß daher in diesem Niederen

---

[4]) Isis (Oken), 1826, S. 17. — [5]) Neueste chemische Entdeckungen zur Begründung einer wissenschaftlichen Phytochemie, 1820. Das Buch trägt das Motto: „Das Pflanzenreich ist das lebendig gewordene Mineralreich" (Oken).

selbst entstehen, in ihm gebildet werden, ehe es selbständig als das Höhere hervortritt. Im Samen ist das künftige Laubpflänzchen schon erkennbar, wenn er gleich noch unveränderter Same zu sein scheint. Was aber der Form nach schon da ist, das ist es auch dem Stoff nach, und so sind die Wurzel-, Stengel- und Laubstoffe schon im Samen vorgebildet, und so fort. Dies ist die wahre Einschachtelungs- und Evolutionstheorie, die im Vorhandenen das Kommende und das Dagewesene vorher- und zurücksieht"[6]).

Die Anwendung der vergleichenden Phytochemie auf die Systematik hat in neuerer Zeit erst wieder der Holländer M. Greshoff gefordert[7]), „und so kurz auch die seitdem verstrichene Spanne Zeit gewesen ist, hat sie doch schon recht ansehnliche, zu den schönsten Hoffnungen ermutigende Ergebnisse zutage gefördert"[8]). Hallier, von dem diese Worte herrühren, führt eine Reihe von Beispielen an, in denen die morphologisch-anatomische Systematik durch die Phytochemie bestätigt oder berichtigt werden konnte. Die Form, meint er, sei der äußere Ausdruck des jeweiligen Verhältnisses zwischen Stoff und Kraft; man könne also erwarten, daß auch für die Verbreitung der Pflanzenstoffe im allgemeinen dieselben Gesetze Geltung haben, wie für die Verbreitung von Merkmalen der inneren und äußeren Form. Und so wie sich die beschreibende Morphologie allmählich zu einer theoretischen Morphogenie fortgebildet habe, welche auch die Ursachen und die ontogenetische und phylogenetische Entwicklung der Formen zu ermitteln suche, so wachse sich auch die empirische, beschreibende, das Vorkommen der verschiedenen Stoffe feststellende Phytochemie mehr und mehr zu einer theoretischen Wissenschaft aus, die auch in die Geheimnisse der ontogenetischen und phylogenetischen Entwicklung der komplizierteren organischen Verbindungen, ihrer natürlichen Verwandtschaft, ihres Stammbaumes einzudringen suche. Es liege sehr nahe, daß die Stufenleiter verschiedener Verwandtschaftsgrade der Pflanzenstoffe auch in der natürlichen Verwandtschaft ihrer Träger mehr oder weniger zum Ausdruck komme. „Ja vielleicht wird sich dereinst, nach weiterer Vervollkommnung der theoretischen Phyto-

---

[6]) Ebenda, zweite Lieferung 1821, S. 138 f. — [7]) Gedanken über Pflanzenkräfte und phytochemische Verwandtschaft. Berichte der deutschen pharmaceutischen Gesellschaft, III, 1893, S. 191. — [8]) H. Hallier, Über die Anwendung der vergleichenden Phytochemie in der systematischen Botanik. 11me Congrès internat. de Pharmacie, den Haag-Scheveningen, Sept. 1913.

chemie, Haeckels Biogenetisches Grundgesetz, aus dem die Phylogenie der Tiere und Pflanzen bereits so wertvolle Erkenntnisse geschöpft hat, auch auf die Pflanzenstoffe anwenden lassen und zu der Erkenntnis führen, daß gewisse hoch zusammengesetzte Stoffe, die im Verlauf der Stammesgeschichte auf großen Umwegen entstanden sind, in den Individuen der höchstentwickelten Pflanzenformen der Gegenwart viel rascher, sozusagen durch ein abgekürztes Verfahren gebildet werden, ganz ebenso, wie sich auch im Laboratorium die Methoden mehr und mehr vervollkommnen und rascher zum Ziele führen."

Julius Sachs (1832—1897) hatte schon im Jahre 1882 auf das Kausalverhältnis zwischen Stoff und Form der Pflanzenorgane hingewiesen und ähnlich wie Goethe (S. 68) eine hylogenetische Metamorphose der Pflanzen angedeutet. Die Form der Organe sei nur die äußere Erscheinung ihrer verschiedenen materiellen Beschaffenheit, die Entwicklung jener nur ein Ausdruck der materiellen Entwicklung. Die der morphologischen Verschiedenheit entsprechende materielle Verschiedenheit müsse zwar schon in der ersten Anlage eines Organs angenommen werden; aber Sachs nimmt doch an, „daß in der Pflanze kontinuierlich ineinander greifende chemische Prozesse sich abwickeln, in der Art, daß die entstehenden Produkte durch die schon vorhandenen, vorher entstandenen Substanzen ihrer Natur nach bestimmt werden: wenn anfangs nur sproßbildende und wurzelbildende Stoffe entstehen, so wird eben durch diese unter dem Einfluß der äußeren Einwirkungen nach und nach eine andere Kategorie von Stoffen erzeugt, die sich endlich in den männlichen und weiblichen Geschlechtszellen in ihrer reinsten Form darstellen." Veränderungen der organischen Formen beruhen nach Sachs auf Veränderungen in den Ernährungsvorgängen, dies Wort im weitesten Sinn genommen. Er stellt sich damit auf den Standpunkt, den Haeckel schon im Jahre 1866 klar zum Ausdruck gebracht hatte, indem er die Anpassung oder Veränderung, neben der Vererbung der andere allmächtige Faktor der Entwicklung, auf die Funktion der Ernährung (im weitesten Sinn) zurückführte, auf den Stoffwechsel der Organismen mit ihrer Umgebung[8a]).

In einem besonderen Falle hat Faltis die Phylogenie einiger

[8a]) J. Sachs, Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie II, 1893, S. 1159: Stoff und Form der Pflanzenorgane; E. Haeckel, Generelle Morphologie II, 1866, S. 192.

Pflanzenstoffe aufzuklären versucht[9]). Die Alkaloide Papaverin, Narkotin, Berberin, Corydalin, Morphin, Codeïn und Thebaïn finden sich in den systematisch zusammengehörigen Pflanzenfamilien der Menispermaceen, Berberidaceen, Papaveraceen und Fumariaceen. Als hypothetische Stammsubstanz aller dieser Alkaloide nimmt Faltis einen der Struktur des Morphins ähnlichen Komplex an, aus welchen sich durch Stabilisierung beweglicher Atomgruppen die Moleküle des Papaverins usw. entwickelt hätten. Vielleicht bilde sich diese Stammsubstanz auch zuerst in allen jenen Pflanzen, welche diese Alkaloide enthalten, und verwandle sich dann in spezifischer Weise weiter.

Daß das Biogenetische Grundgesetz in der Tat auch auf dem Gebiete der Biochemie Geltung besitzt, hat Gustav von Bunge 1899 gezeigt[10]). Bunge geht von der Tatsache aus, daß sich der Kochsalzgehalt der Organismen nach dem Kochsalzgehalt der Umgebung richtet. Kochsalzreich sind die Meerespflanzen und Meerestiere, sowie ihre nächsten Verwandten auf dem Festland. Die typischen Repräsentanten der Festlandbewohner, die Insekten, sind sehr arm an Kochsalz, ebenso die typischen Landpflanzen. Die Wirbeltiere des Festlandes sind aber sämtlich auffallend kochsalzreich, trotz der kochsalzarmen Umgebung. Das ist nach Bunge ein Beweis mehr für die Abstammung der festlandbewohnenden Wirbeltiere von Meeresbewohnern.

Weiter aber hat sich Bunge durch zahlreiche Analysen davon überzeugt, daß ein Säugetier-Embryo kochsalzreicher ist, als das neugeborene Tier, und daß dieses nach der Geburt immer ärmer an Chlor und Natron wird in dem Maße, als die Entwicklung fortschreitet. Im einzelnen weist Bunge dies nach am Kochsalzgehalt des Knorpels, desjenigen Stützgewebes, aus dem allein das Skelett der ältesten Wirbeltiere, der Haie oder Selachier, wie das erste Skelett aller Wirbeltier-Embryonen besteht. Dieses älteste Stützgewebe ist zugleich auch das natronreichste. Auf einer Tabelle stellt Bunge den Kochsalzgehalt der Knorpel des Rinderembryos und des Kalbes in verschiedenen Entwicklungsstadien zusammen mit dem Kochsalzgehalt des Selachier-Knorpels und bemerkt dazu: „Man sieht, daß der Kochsalzgehalt mit der Entwicklung abnimmt, wie das Biogenetische Grundgesetz es fordert.“

[9]) Pharmazeutische Post XXXI, 1906. — [10]) G. v. Bunge, Der Kochsalzgehalt des Knorpels und das biogenetische Grundgesetz. Zeitschr. f. physiol. Chemie, Bd. 28, 1899, S. 447; Lehrbuch der Physiologie des Menschen II, 1901, S. 116 ff.

Das Protoplasma.

Matthias Schleiden hatte 1838 den Inhalt der Pflanzenzellen, der später als die lebende Materie der Pflanzen erkannt wurde, als „Pflanzenschleim" bezeichnet. Hugo von Mohl führte 1846 den wissenschaftlichen Namen „Protoplasma" dafür ein, den Robert Remak auch für die lebende Substanz der tierischen Zellen zur Anwendung vorschlug, nachdem ihre Gleichartigkeit mit jener der Pflanzenzellen erkannt worden war.

In den dreißiger Jahren des 19. Jahrhunderts hatte Felix Dujardin (1801—1860) die damals noch wenig beachteten und bekannten „Infusorien", d. h. Protozoen des Meeres lebend studiert und ihre eigentümliche schleimige Substanz als „Sarcode" bezeichnet[11]). 1850 zog der Botaniker Ferdinand Cohn aus seinen Untersuchungen „mit aller Bestimmtheit, die überhaupt einer empirischen Deduktion auf diesem Gebiete beiwohnen kann, den Schluß, daß das Protoplasma der Botaniker und die kontraktile Substanz und Sarkode der Zoologen, wo nicht identisch, so doch im hohen Grade analoge Bildungen sein müssen"[12]). Nächst Cohn war es der Botaniker Franz Unger, dem sich die Überzeugung aufdrängte, „daß das Protoplasma als eine halbflüssige kontraktile Substanz angesehen werden muß, die der tierischen Sarkode zunächst vergleichbar ist, wo nicht gar als identisch mit dieser zusammenfällt"[13]). In den Jahren 1860 und 1861 lieferte sodann Max Schultze den Beweis, daß Protoplasma und Sarkode auf Grund ihres übereinstimmenden Verhaltens tatsächlich als identisch zu betrachten seien, und Ernst Haeckel bestätigte 1862 diese Auffassung durch seine Untersuchungen an Radiolarien[14]). Seitdem wird die prinzipielle Gleichheit der lebenden Materie bei Pflanzen, Tieren und Protisten nicht mehr bezweifelt. 1866 konnte Haeckel definieren: „Als Plasma oder Zellstoff, besser Bildungsstoff, bezeichnen wir alle diejenigen organischen Materien, welche als die wesentlichen und in keinem Falle fehlenden Träger der Lebensbewegung erscheinen, als das aktive

---

[11]) F. Dujardin in den Annales des sciences naturelles, T. III, 1835, S. 312. — [12]) F. Cohn, Nachträge zur Naturgeschichte des Protococcus pluvialis. Nova acta XXII, 2, 1850, S. 605. — [13]) F. Unger, Anatomie und Physiologie der Pflanzen, 1855, S. 282. — [14]) M. Schultze, Die Gattung Cornuspira und Bemerkungen über die Organisation und Fortpflanzung der Polythalamien. Troschels Archiv f. Naturgeschichte, 1860, S. 287; Über Muskelkörperchen und das, was man eine Zelle zu nennen habe. Archiv f. Anatomie und Physiologie, 1861, S. 1; E. Haeckel, Monographie der Radiolarien, 1862, S. 92.

materielle Substrat des Lebens, und welche also gewissermaßen als der „Lebensstoff" oder die „lebende Materie" im engeren Sinne bezeichnet werden könnten"[15]). Vom eigentlichen, lebenstätigen Plasma unterscheidet Haeckel die Plasmaprodukte, die entweder durch Differenzierung des Plasma oder durch Ausscheidung des Plasma entstehen. Heidenhain hat später ihre Substanz als „Metaplasma" bezeichnet.

Für die älteren Biologen war Protoplasma ein chemischer Begriff im Sinne einer einheitlichen, in sich homogenen Substanz. Diese Auffassung änderte sich mit der genaueren Erforschung des Protoplasmas. 1883 schrieb Wilhelm Preyer: „Das Protoplasma ist keine chemische Verbindung, es ist ein Gemenge von festen und flüssigen, sehr komplizierten chemischen Verbindungen, welche während des aktuellen Lebens sich in schneller ununterbrochener Zersetzung und Neubildung befinden, so daß es schwierig ist, von einer einzelnen aus ihm erhaltenen Verbindung mit unveränderlichen Eigenschaften die Präexistenz zu beweisen"[16]). Für Oskar Hertwig (1898) ist „Protoplasma" ein morphologischer Begriff, für Heidenhain (1907) ein physiologischer, nämlich „lebende Materie". 1912 nennt ihn Hertwig einen biologischen Begriff, als Bezeichnung für eine Substanz, die eine Anzahl von physikalischen, chemischen und biologischen Eigenschaften zeige[17]).

Die chemische Natur des Protoplasmas wird durch diese verschiedene Namengebung nicht berührt. Wenn das Protoplasma besondere, nur ihm eigentümliche Eigenschaften und Fähigkeiten zeigt, so tun es andere Substanzen auch, ohne daß man sie deswegen nicht mehr als chemische auffaßt. Auch die „Struktur" der lebenden Substanz kann nicht als prinzipieller Unterschied im Verhältnis zur anorganischen Materie anerkannt werden; denn auch die Eigenschaften der anorganischen Verbindungen beruhen vielfach auf deren „Struktur". So hebt auch Kossel hervor, daß die chemische Betrachtung ohne scharfe Grenze in die morphologische übergehe. Das Protoplasma ist aber auch, wie Danilewsky konstatiert, „nicht ein Gemenge, in dem jedes Element — auch nicht jede Verbindung — unabhängig von der andern existieren und handeln würde, sondern ein vollständiger chemischer Komplex von Molekülen, der gegen jeden nicht zerstörenden äußeren

---

[15]) E. Haeckel, Generelle Morphologie I, 1866, S. 275. — [16]) W. Preyer, Elemente der allgemeinen Physiologie, 1883, S. 114. — [17]) O. Hertwig, Zelle und Gewebe, 1898, S. 25; M. Heidenhain, Plasma und Zelle I, 1907, S. 24; O. Hertwig, Allgemeine Biologie, 4. A. 1912, S. 12.

Einfluß in seiner Wesenheit wie ein homogener und einziger Stoff reagiert“[18]. Mit Danilewsky stimmt Botazzi überein: „Die verschiedenen, das Protoplasma zusammensetzenden Stoffe bilden nicht ein Gemenge, sondern vielmehr eine außerordentlich komplizierte Substanz, die wahrscheinlich als Kern einen Komplex von Proteïn-(Eiweiß-)Molekülen hat, an welche die verschiedenen übrigen Stoffe, einige chemisch, andere physikalisch-chemisch gebunden sind ... Von jedem differenzierten Protoplasma muß man annehmen, daß es aus Molekülen einer Substanz zusammengesetzt ist, die chemisch sehr kompliziert, aber von im Mittel konstanter Zusammensetzung ist“[19].

Das Eiweiß.

Schon die älteren Biologen, die das Protoplasma näher untersuchten, erkannten, daß die eigentlich lebende Substanz zu der chemischen Gruppe der Eiweißkörper oder Proteïnsubstanzen gehört, und diese Erkenntnis gilt auch heute noch. Die Eiweißkörper sind sehr komplizierte chemische Verbindungen, die aus Kohlenstoff-, Wasserstoff-, Sauerstoff-, Stickstoff- und Schwefel-Atomen aufgebaut sind, wozu in manchen Fällen noch Phosphor-Atome kommen. Ihr besonderes Gepräge erhalten die Proteïne wie überhaupt die organischen Stoffe durch den Kohlenstoff.

Die chemische Konstitution dieser Proteïne ist heute im wesentlichen erforscht[20]. Sie bestehen aus Einheiten niederen Grades, die als solche im Eiweißmolekül vorhanden sind und als „Bausteine“ bezeichnet werden. Diese Bausteine sind die sogenannten „Aminosäuren“, deren erste, das Leucin, im Jahre 1818 von Proust entdeckt wurde. Gegenwärtig sind zwanzig solcher Aminosäuren bekannt; die einfachsten Proteïne sind aus 4, 5 oder 6 Aminosäuren aufgebaut, die kompliziertesten enthalten bis zu zwanzig verschiedene.

Wie jede Synthese, so schafft auch die Verkettung der Aminosäuren, zunächst zu „Peptiden“ (E. Fischer), neue Eigenschaften und

---

[18] A. Danilewski, Le protoplasma. Revue scientifique, 1894, S. 583 und 619. — [19] F. Botazzi, Handbuch der vergleichenden Physiologie, hgg. von H. Winterstein, I, 1911, S. 95 f. — [20] Vgl. dazu und zum folgenden: O. Cohnheim, Chemie der Eiweißkörper, 3. A. 1911; Eiweißkörper. Handwörterbuch der Naturwissenschaften III, 1913, S. 93; E. Abderhalden, Lehrbuch der physiologischen Chemie, 3. A. 1914. E. Fischer, Untersuchungen über Aminosäuren, Peptide und Proteïne, 1906.

Fähigkeiten. Schwer lösliche Aminosäuren ergeben in ihrer Verbindung leicht lösliche Polypeptide, schwer lösliche Polypeptide können durch Eintritt bestimmter Aminosäuren in ihren Verband leicht löslich werden; süß schmeckende Aminosäuren geben in ihrer Verbindung Produkte, die bitter schmecken.

Die Unterschiede der zahllosen Eiweißkörper, die das Pflanzen- und Tierreich darbietet, beruhen nicht so sehr auf der Verschiedenheit ihrer Bausteine als darauf, daß diese Bausteine in verschiedener Zahl und verschiedener Anordnung zu höheren Komplexen zusammengefügt sind. Abderhalden hat die Anzahl der Verbindungen berechnet, die durch den Zusammentritt der Verbindungen möglich sind[21]). Drei Bausteine, A B C, geben durch Veränderung ihrer Reihenfolge, die in ihrer Synthese allein schon eine Änderung des chemischen Verhaltens herbeiführt, sechs verschiedene Produkte:

A B C, A C B, B A C, B C A, C A B, C B A.

Vier verschiedene Bausteine liefern, in verschiedener Reihenfolge angeordnet, 24 verschiedene Verbindungen. Die Permutations-Rechnung ergibt für weitere Zahlen:

Zahl der verschiedenen Aminosäuren:	Zahl der herstellbaren Verbindungen:
5	120
6	720
7	5040
8	40320
9	362880
10	3628800
12	479001600
15	1307674368000
18	6402373705728000
20	2432902008176640000

Die ungeheure Zahl von 2,43 Billionen Verbindungen ergibt sich allein schon dadurch, daß sich dieselben 20 Bausteine in verschiedener Reihenfolge aneinander legen. Eine weitere Vermehrung der Verbindungen wird ermöglicht durch die Art der Verbindung. Endlich können die einzelnen Bausteine auch noch in verschiedenen Mengen auftreten. Die Möglichkeit spezifischer Eiweißkörper wächst dadurch ins Uner-

21) Vgl. E. Abderhalden, Lehrbuch, S. 361; Abwehrfermente des tierischen Organismus, 3. A. 1913, S. 25 f.

meßliche; sie reicht hin, in jeder Pflanzen- und Tierart, und hier wieder in jedem besonderen Organ und Gewebe bestimmte und von anderen unterschiedene Eiweißarten zu erzeugen. In der Tat weiß man jetzt, daß die Eiweißkörper verschiedener Tiere und Pflanzen verschieden sind; verschiedene Wege der Forschung führten zu der Anschauung, „daß jede Art von einer anderen sich zuerst chemisch unterscheidet, und daß die morphologischen und anatomischen Unterschiede nur äußere Konsequenzen von diesen chemischen Unterschieden sind“[22].

Blutsverwandtschaft.

Das Blut des Menschen und der höheren Tiere besteht aus der Blutflüssigkeit, dem „Blut-Plasma“, und den in ihr enthaltenen körperlichen Bestandteilen, den roten und weißen Blutkörperchen. Die roten Blutkörperchen bestehen zum größten Teil aus dem roten Blutfarbstoff oder Hämoglobin, dessen Molekül 54,6 % Kohlenstoff, 7,2 % Wasserstoff, 20,9 % Sauerstoff, 16,4 % Stickstoff, 0,6 % Schwefel und 0,3 % Eisen enthält. Als chemische Formel für das Hämoglobin des Hundebluts ist bestimmt worden: $C_{758}H_{1203}O_{218}N_{195}S_3Fe$. „Es liegt also ein Riesenmolekül vom Molekulargewicht 16669 vor. Die Chemie kennt zurzeit keinen Stoff, der komplizierter wäre“[23].

Das Hämoglobin der verschiedenen Tiere ist verschieden. Dies zeigt sich vor allen in der Form der Kristalle, die es bildet[24]. Es kristallisiert im rhombischen System und bildet meist Prismen und prismatische Nadeln, bei jeder Tierart in anderer Form. Verwandte Tiere zeigen „verwandte“, formähnliche Kristalle, aber auch bei ein und derselben Art können die Hämoglobin-Kristalle variieren. Die Verschiedenheit der Kristallform ist bedingt durch den Eiweißkörper des Hämoglobins. Eiweißkörper enthält auch das Blutplasma. Einer derselben, das Fibrinogen, ist die Vorstufe desjenigen Stoffes, der sich bei der Ge-

[22] A. Schepotieff, Die biochemischen Grundlagen der Evolution. Ergebnisse und Fortschritte der Zoologie IV, 1913, S. 285, Vgl. auch F. Hofmeister, Vom chemisch-morphologischen Grenzgebiet. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie XVIII, 1914, S. 717. — [23] K. Bürker, Blut. Handwörterbuch der Naturwissenschaften II, 1912, S. 55. — [24] Vgl. H. Kobert, Das Wirbeltierblut in mikrokristallographischer Hinsicht, 1901; Moser, Hämoglobinkristalle zur Unterscheidung von Menschen-und Tierblut, 1901; Reichert und Brown, The Differentiation and Specifity of corresponding Proteïns and other vital Substances in Relation to biological Classification and organic Evolution. Washington 1909.

rinnung des Blutes in feinen Fäden ausscheidet, des Faserstoffs oder Fibrins. Nach der Ausscheidung des Fibrins bleibt eine klare Flüssigkeit zurück, das Blutserum.

Im Jahre 1869 fand Creite[25]), daß die roten Blutkörper einer Tierart sich manchmal im Serum einer anderen Art lösen. In den siebziger Jahren stellte Landois systematische Versuche über Bluttransfusion an, Übertragung von Blut eines Tieres in die Blutgefäße eines anderen Tieres. Er entdeckte dabei, daß das Blut des einen Tieres auf das des andern wie Gift wirkt, wenn beide Tiere nicht miteinander verwandt waren; gehörten sie zu ein und derselben Art oder zu nahe verwandten Arten, so vertrug sich auch das Blut[26]). Die Entdeckung von Landois wurde später, u. a. von Buchner (1892) vollkommen bestätigt. Die giftige Wirkung des artfremden Serums äußert sich darin, daß dies die roten Blutkörperchen der nicht verwandten Art löst. Man nennt diesen Vorgang Hämolyse. Friedenthal u. a. haben auf Grund der Hämolyse die Verwandtschaftsverhältnisse zahlreicher Tiere nachgeprüft[27]). Die vergleichenden Blutuntersuchungen in der Klasse der Säugetiere führten zu dem Resultat, daß innerhalb derselben Familie das Blut keine merkbaren Unterschiede aufweist, daß dagegen die einzelnen Unterordnungen eine Blutvermischung nicht mehr gestatten. Menschenblut löst die Blutkörperchen der meisten Säugetiere, nicht aber die der menschenähnlichen Affen. Das Blutserum der niederen Affen wirkt hämolytisch auf das Menschenblut; die Blutsera der einzelnen Menschenrassen und der menschenähnlichen Affen lassen keine Wirkung auf die entsprechenden Blutkörperchen erkennen. Friedenthal schließt den Bericht über seine Untersuchungen mit den Worten: „Die Tatsache, daß die chemische Ähnlichkeit des Blutes parallel läuft mit der Ähnlichkeit in der morphologischen Gestaltung, kann nicht Wunder nehmen, wenn man bedenkt, daß die chemische Zusammensetzung der Eizelle und des Spermatozoon maßgebend ist für die ganze spätere Gestaltung und Entwicklung. Was vererbt wird, sind ja nicht „innere Impulse", „Ide" oder „Entwicklungs-

[25]) Versuche über die Wirkung des Serum-Eiweißes nach Injektion in das Blut. Zeitschrift für rationelle Medizin, Bd. 36, 1869. — [26]) Landois, Zur Lehre von der Bluttransfusion, 1875. — [27]) H. Friedenthal, Über einen experimentellen Nachweis von Blutsverwandtschaft. Archiv für Anatomie und Physiologie. Physiol. Abt. 1900, S. 494; Weitere Versuche über die Reaktion auf Blutsverwandtschaft. Klinisch-therapeutische Wochenschrift. Berlin 1914, Nr. 12.

möglichkeiten", sondern chemische Moleküle von ganz bestimmter Zusammensetzung, deren chemischer Bau in gleicher Weise für den Stoffwechselvorgang, welchen wir Leben nennen, maßgebend ist, wie die Zusammensetzung eines Reaktionsgemisches für den Ablauf der Reaktion."

Eine weitere Methode zur Feststellung der „Blutsverwandtschaft", die zu noch genaueren Resultaten führte, kam von der Immuno-Therapie.

Im Jahre 1890 fand Emil Behring das Diphtherie-Heilserum. Dieses Heilmittel ist das Blutserum von Pferden, denen vorher das von den Diphtheriebazillen erzeugte Gift eingespritzt worden ist. Für gewöhnlich gehen die so behandelten Tiere an dem Gift zugrunde. Nimmt man aber ganz kleine Mengen des Giftes, so wird das Tier zwar krank, überwindet jedoch die Krankheit und verträgt nachher auch größere Mengen des Giftes, es ist immun geworden. Die Einführung des Giftes veranlaßt in dem betreffenden Tiere die Erzeugung eines Gegengiftes, das sich im Blutserum anhäuft und durch Aderlaß leicht gewonnen werden kann. Mischt man dieses Gegengift (Antitoxin) in einem Reagenzglase zum Gift, so wird dieses, und zwar nur dieses bestimmte spezifische Gift, unwirksam; eine entsprechende Wirkung tritt ein, wenn man das Serum in den Körper des Menschen einspritzt[28].

In ähnlicher Weise hat man dann auch gegen andere tierische und pflanzliche Gifte spezifische Immunsera erzeugt.

Wie gegen die Gifte, so läßt sich der Körper auch gegen Bakterien selbst immun machen. Darauf beruht der Schutz, den die Pockenimpfung gegen das Pockengift gewährt. Wenn man Tieren ganz geringe Mengen von Bakterien einverleibt, so bildet das Blutserum Stoffe, welche diese, und zwar nur diese bestimmten Bakterien zu Häufchen zusammenballen und auflösen. Man nennt diese Stoffe „Agglutinine" und „Bakteriolysine". Bringt man das Immunserum zu einem Kulturfiltrat der betreffenden Bakterien, in dem nur gelöste Stoffe der Bakterien enthalten sind, so entsteht in der ursprünglichen klaren Flüssig-

---

[28]) Zu diesem und dem folgenden vgl. Uhlenhuth, Das biologische Verfahren zur Erkennung und Unterscheidung von Menschenblut und Tierblut, 1905, insbesondere S. 76: Ein neuer biologischer Beweis für die Blutsverwandtschaft zwischen Menschen und Affengeschlecht. Vortrag, gehalten auf der 35. Versammlung der deutschen anthropologischen Gesellschaft zu Greifswald, August 1904. In sehr klarer Weise ist das Thema „Moderne Blutforschung und Abstammungslehre" von M. Seber behandelt worden (Frankfurt a. M. 1909).

keit eine Trübung, die sich zu einem Niederschlag verdichtet: Das Immunserum enthält außer Agglutinen und Lysinen auch noch „Präzipitine", ausfällende Substanzen.

Genau dieselben Stoffe treten auf, wenn man anstatt einer Aufschwemmung von Bakterien einem Tier eine Aufschwemmung von Blut eines anderen Tieres einverleibt. Tschistowitsch spritzte Kaninchen, Hunden und Schlangen Aalserum ein; brachte er dann die Blutsera dieser Tiere mit Aalserum zusammen, so bildete sich eine Trübung und ein Niederschlag. Mit dem Blutserum anderer Fische trat kein Niederschlag auf[29]). Bringt man z. B. Serum eines Kaninchens, dem man öfter Pferdeblut eingespritzt hat, zu Pferdeserum, so sieht man alsbald Trübung und Niederschlag. Bordet[30]) fand dann weiterhin, daß auch nach Einspritzung von Kuhmilch im Blutserum von Kaninchen Präzipitine auftreten, welche das Kaseïn der Kuhmilch zur Ausfällung bringen. Der Organismus reagiert nicht nur gegen artfremdes Blut, sondern gegen artfremdes Eiweiß überhaupt mit der Bildung von Präzipitinen. Und zwar ist die Reaktion, wie Wassermann, Fish und Schütze nachwiesen, streng spezifisch; man ist mit ihrer Hilfe imstande, verschiedene Milcharten voneinander zu unterscheiden.

Uhlenhuth erbrachte darauf (1900) den Nachweis, daß das Blutserum von Kaninchen, denen eine Hühnereiweiß-Lösung in die Bauchhöhle eingespritzt worden war, beim Zusatz zu einer ebensolchen Eiweißlösung einen starken Niederschlag erzeugte, nicht aber in Lösungen anderer Eiweißarten. Die Reaktion war also wiederum spezifisch. Auf Grund der nachgewiesenen Spezifität gelang es Uhlenhuth weiterhin, die Eiweißstoffe verschiedener Vogeleier voneinander zu unterscheiden, abgesehen von denen ganz nahe verwandter Vogelarten. Diese Eiweißstoffe auf chemischem Wege zu unterscheiden, war bis dahin noch nicht gelungen. Überdies erwies sich die „biologische" Eiweißreaktion der chemischen weit überlegen; biologisch war der Nachweis noch bei einer Eiweißlösung von 1:100000 möglich, während die chemischen Eiweißreaktionen schon bei einer Verdünnung der Eiweißlösung von über 1:1000 völlig versagten.

Bei weiteren Versuchen, in denen Kaninchen mit Hühnerblut

---

[29]) Tschistowitsch, Etudes sur l'immunisation contre le sérum d'anguille. Annalen des Instituts Pasteur, 1899. — [30]) Die Berichte Bordets sind ebenfalls in den Annalen des Instituts Pasteur 1899 und 1900 erschienen.

vorbehandelt worden waren, stellte Uhlenhuth fest, daß das Blutserum der so vorbehandelten Tiere beim Zusatz zu einer Hühnerblutlösung einen starken Niederschlag erzeugte, während alle zur Kontrolle herangezogenen Blutlösungen verschiedener anderer Tiere beim Zusatz dieses Serums völlig klar blieben. Dasselbe zeigte sich, wenn Kaninchen mit Schweine-, Hunde- und Katzenblut vorbehandelt wurden: die Reaktion erwies sich als spezifisch.

Schon bei seinen Versuchen über die Unterscheidung des Eiweißes verschiedener Vogeleier konnte Uhlenhuth konstatieren, daß das Serum eines mit einem bestimmten Eiereiweiß vorbehandelten Kaninchens auch in dem Eiereiweiß nahe verwandter Vogelarten einen Niederschlag hervorruft. Dieselbe Beobachtung machte er bei seinen Untersuchungen verschiedener Blutarten, und so kam er auf den Gedanken, diese biologische Reaktion zum Studium der verwandtschaftlichen Beziehungen der Tiere zu benutzen. Er stellte fest, daß das Serum eines mit Pferdeblut vorbehandelten Kaninchens einen etwas schwächeren Niederschlag auch in Eselblutlösung erzeugt, das Serum eines mit Hammelblut vorbehandelten Kaninchens gab einen ziemlich starken Niederschlag auch in Ziegenblut, einen bedeutend schwächeren in Rinderblut. „Die Reaktion verlief quantitativ proportional dem Grade der Verwandtschaft zwischen Hammel, Ziege und Rind.“ In derselben Weise gelang es, die Verwandtschaft des Schweines und Wildschweines, des Hundes und Fuchses, des Affen und Menschen usw. nachzuweisen. Friedenthal bewies auf diesem Wege die Blutsverwandtschaft des schon längst ausgestorbenen, aber im sibirischen Eis als Kadaver erhaltenen Mammuts mit dem indischen Elefanten. Nuttal[31]) experimentierte mit 900 verschiedenen Blutsorten und bestätigte das Gesetz der biologischen Reaktion in 16000 Versuchen. Insbesondere gelang es ihm, den verschiedenen Verwandtschaftsgrad zwischen dem Menschen und verschiedenen Affen auch durch die Blutreaktion nachzuweisen und zu bestimmen.

Bruck wandte die Methode, indem er sie verfeinerte, zur Unterscheidung verschiedener Menschenrassen an[32]), und Magnus und Friedenthal[33]), später Mez und seine Schüler stellten die „Spezifität

---

[31]) Blood immunity and blood relationship, Cambridge 1904. — [32]) Die biologische Differenzierung von Affenarten und menschlichen Rassen durch spezifische Blutreaktion. Berliner klinische Wochenschrift, 44. Jahrg. 1907, Nr. 26, S. 793. — [33]) Berichte der deutschen Botanischen Gesellschaft, XXV, 1907, S. 242.

der Verwandtschaftsreaktion“ auch bei den Pflanzen fest und verwendeten die Serodiagnostik zur Aufklärung zweifelhafter Fälle von Pflanzenverwandtschaft.

In seinem Vortrag vor der deutschen anthropologischen Gesellschaft 1904 konstatierte Uhlenhuth: „Wir müssen es als eine wissenschaftlich sicher erwiesene Tatsache betrachten, daß die Blutsverwandtschaft unter den Tieren durch die biologische Reaktion zum sichtbaren Ausdruck gelangt.“ Zehn Jahre später zog Dr. Schramm aus den bis dahin vorliegenden Untersuchungen den Schluß: „Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Serumdiagnostik, die ihre Brauchbarkeit für phylogenetische Untersuchungen in der Zoologie schon lange nachgewiesen hat, auch für die pflanzliche Stammesgeschichte wertvolle Aufschlüsse geben und so ihre Bedeutung für eine weitere Wissenschaft erweisen wird“[34]).

Biochemische Epigenesis.

Jedes vielzellige Lebewesen entsteht aus einer Eizelle, die sich teilt und deren Teilprodukte sich differenzieren, bis der ungeheuer komplizierte „Zellenstaat“ einer Pflanze oder eines Tieres vollendet ist. Dieser morphologischen Differenzierung entspricht ohne Zweifel eine chemische, denn der erwachsene Tier- oder Pflanzenkörper enthält chemische Verbindungen, die in der Eizelle nicht vorhanden sind. Das Protoplasma einer Bindegewebszelle z. B. bildet ein Proteïn, das im ursprünglichen Protoplasma, auch noch in der embryonalen Bindegewebszelle fehlt: das Collagen. Und ähnlich ist es in tausend anderen Fällen. Ohne Zweifel muß aber auch die Eizelle chemisch prädeterminiert sein; ihr Keimplasma stammt ja in direkter Linie von dem Keimplasma des Elternpaares ab und entwickelt sich in ganz bestimmter Richtung. Die reine Epigenesis ist auch in chemischer Hinsicht nur in der Phylogenese des Keimplasmas zu finden; das schließt jedoch nicht aus, daß auch die chemische Evolution der Eizelle dem Biogenetischen Grundgesetz folgt.

Erforscht ist diese chemische Evolution der Eizelle noch wenig, ihr Gang im einzelnen also noch größtenteils unbekannt. Hypothetisch angenommen hat sie schon der holländische Gelehrte G. J. Mulder

[34]) Dr. Schramm-Gießen, Läßt sich die Verwandtschaft der Pflanzen durch Serumdiagnostik bestimmen? Berliner Tageblatt Nr. 209, 26. 4. 1914.

(1844). Es unterliege, meint er, keinem Zweifel, daß sich im Keime keine Rudimente der künftigen Organe des Huhnes finden, aber sicher der Stoff, woraus die ersten Rudimente der Organe gebildet werden sollen, also die Rudimente der Rudimente[35]). Mit dem Stoff kommen darin auch Kräfte vor, welche von dem Stoffe unzertrennlich sind. Johannes Müller dachte sich die Masse des Keims „begabt mit der wesentlichen und spezifischen Kraft des späteren Tieres". Ich muß bekennen, sagt Mulder dazu, daß es mir schwer wird, mir von der Galle absondernden Kraft in der Leber eine Vorstellung zu machen; aber sich die Galle abscheidende Kraft in der Keimscheibe, welche noch kein Rudiment von einer Leber besitzt, vorzustellen, das ist, glaube ich, keinem Sterblichen möglich. Es ist auch eine durchaus unphysikalische Vorstellung. In der Naturlehre nehmen wir Kräfte für beobachtete Erscheinungen an; aber wenn die Erscheinungen unmöglich sind, weil die Organe, welche sie hervorbringen müssen, nicht existieren, dann kann auch von solchen Kräften nicht die Rede sein.

Die Vorstellung, die Mulder von der chemischen Evolution des Keimes hat, ist durchaus epigenetisch. Die chemischen Verbindungen der Keimscheibe, meint er, werden immer komplizierter. Schließen sich ungleichartige Teilchen aneinander, so muß daraus eine mit besonderen Kräften begabte Verbindung hervorgehen, mit Kräften, welche von den Molekularkräften der Grundstoffe zwar abhängig sind, aber nicht von ihnen allein bestimmt werden. Die Art der neuen Gruppierung modifiziert die ursprünglichen Kräfte; sie treten nur in einer anderen Gestalt auf und bringen andere Wirkungen hervor. So denken wir uns auch die Moleküle der die Keimscheibe bildenden Stoffe erst einfach, dann auf immer kompliziertere Weise zusammengesetzt. Eine neue Anordnung der Teile modifiziert die Grundkräfte aufs neue, und so geht es unaufhörlich fort.

Für die Einfachheit der chemischen Verbindungen der Keimzellen gegenüber denen der Körperzellen lassen sich die Spermatozoen von Fischen anführen, die von Miescher (1874) und später von Kossel

---

[35]) G. J. Mulder, Versuch einer allgemeinen physiologischen Chemie. Deutsch von H. Kolbe, I, 1844, S. 73. — Was hier Mulder als „Rudimente" bezeichnet, und was auch heute noch so bezeichnet wird, meint „erste Anfänge". O. Abel hat mit einem glücklichen Griff dafür das Wort „Orimente" eingeführt (von orior, ich entstehe) und „Rudiment" auf einen zurückgebildeten Zustand beschränkt.

untersucht worden sind[36]). Sie bestehen der Hauptsache nach aus Protaminen, die man als die einfachsten Proteïne betrachtet. Diese Protamine müssen, beim Lachs z. B., aus dem Körpereiweiß gebildet werden, denn der Lachs nimmt während des Wachstums seiner Hoden keine Nahrung auf. Das Körpereiweiß scheint also dedifferenziert, vereinfacht zu werden; aus den komplizierteren Proteïnen werden, wie man annimmt, gewisse Aminosäuren abgespalten, während andere übrig bleiben. Die Protamine bestehen aus nur 4—6 verschiedenen Aminosäuren. Den Übergang von den Protaminen zu den gewöhnlichen Eiweißkörpern bilden die Histone. Sie treten in den unreifen Hoden vieler Tierarten auf, „zweifellos als Vorstufen der Protamine", d. h. als Vorstufen der Protamine in der Dedifferenzierung der komplizierteren Eiweißmoleküle. Die Spermatozoen der Säugetiere enthalten nach Miescher und Mathews „weder Histone noch Protamine, sondern andere Eiweißkörper"[37]).

Eine epigenetische Hypothese der biochemischen Ontogenie hat Franz Hofmeister im Jahre 1901 entwickelt[38]). Er nimmt an, daß der chemische Bau des Eies im Vergleich zu jenem des daraus hervorgehenden Tieres höchst einfach sei. „Demnach geht, was übrigens durch gelegentliche Untersuchungen erwiesen ist, während der Entwicklung des Embryos der morphologischen eine chemische Differenzierung parallel". Man nimmt an, daß bei der Entwicklung, die ja an den Auf- und Abbau organischer Stoffe geknüpft ist, die Fermente oder Enzyme eine Hauptrolle spielen, rätselhafte Stoffe, die chemische Umsetzungen einzuleiten und zu beschleunigen vermögen, ohne selbst dabei verbraucht zu werden. Hofmeister meint nun, in dem ursprünglichen Ei müssen die später wirksamen Fermente in irgendwelchen Vorstufen enthalten gewesen sein, „und es ist schwer, sich eine ansprechendere Vorstellung von dem chemischen Geschehen während der ersten Entwicklung des Embryos zu bilden, als daß zunächst eine geringe Anzahl von Fermenten zur Wirksamkeit gelangt, aus dem vorhandenen Material neue Stoffe, darunter auch Profermente, bezw. Fermente anderer Art bildet, welche nun die ersten ablösen, ihrerseits aber von einer von ihnen selbst hervor-

[36]) Vgl. Zeitschrift für physiologische Chemie, 1905, S. 347; Biochemisches Zentralblatt, 1906, S. 33. — [37]) Vgl. C. Cohnheim, Eiweißkörper. Handwörterbuch der Naturwissenschaften III, 1913, S. 136 f. — [38]) F. Hofmeister, Die chemische Organisation der Zelle. Ein Vortrag. 1901.

gerufenen neuen Generation von Fermenten verdrängt werden und so fort, bis die Kette der chemischen Neubildungen, welche die Stammesgeschichte verlangt, durchlaufen ist. Die Epigenese der Form ist danach nur ein Ausdruck für die Epigenese chemischer Kraft."

Ähnlich nimmt Ludwig Rhumbler in einer Polemik gegen Weismanns Präformationstheorie eine Epigenese wie für die Form, so auch für den chemischen Inhalt der Embryonal-Entwicklung an[39]. Nachdem er zunächst den Nachweis geführt hat, daß, schon rein rechnerisch genommen, unmöglich für jede Eigenschaft eine Determinante im Keimplasma enthalten sein kann, fährt er fort: „Wie sich die Form während der Embryogenese epigenetisch entwickelt, so entwickelt sich auch ihr chemischer Inhalt epigenetisch; er steigt allmählich vom einfacheren Zustand im Ei auf immer höhere Stufen, das Vorausgegangene stets benutzend, aber dem Vorausgegangenen neues durch geänderte Zell- und Kernarbeit hinzufügend. Aber nur die Arbeit hebt den chemischen Strukturbau von Stufe zu Stufe, vom allgemeinen Blastomeren-Charakter beispielsweise zum Ektodermzellen-Charakter, dann zum Nervenzellen-Charakter usw. Also Epigenese für Form und chemischen Inhalt der Embryonal-Entwicklung. Das kann nicht befremden, denn die Formwandlung ist während der Embryogenese nur das mechanische Produkt des chemisch (physiologisch) arbeitenden Inhalts, und ist dieses Produkt anerkanntermaßen epigenetisch, so wird auch der Produzent epigenetisch seine Fähigkeiten erlangen und steigern."

Die Ontogenie der lebenden Materie.

Die Pflanzen sind im stande, organische Substanz aus anorganischer aufzubauen; die Tiere sind, direkt oder indirekt, gänzlich auf die vorbereitende Arbeit der Pflanzen angewiesen.

Marcello Malphigi (1671) war der Meinung, daß der von der Wurzel aufgenommene rohe Nahrungssaft, in den faserigen Bestandteilen des Holzes aufwärts geleitet, erst in den Blättern so zubereitet

---

[39]) L. Rhumbler, Vererbung und chemische Grundlage der Zellmechanik. Vortrag, gehalten auf dem 7. internationalen Zoologen-Kongreß in Boston, 1907. Vgl. aber den Anm. 22 erwähnten Aufsatz Hofmeisters, wo der Nachweis geführt wird, daß die Keimzellen wohl „zehntausende von Organisationen zweiter Ordnung" beherbergen können, „die dann über die weitere Entwicklung entscheiden".

werde, daß er der Pflanze als Nahrung dienen und das Wachstum befördern könne[40]). Er kam zu diesem Schluß durch die Beobachtung, daß die Keimblätter (Cotyledonen) für das Wachstum der Knospe nicht entbehrt werden können.

Stephan Hales[41]) bemerkte, daß die Pflanze ihre Nahrung nicht der Erde und dem Wasser allein entnehme, sondern daß sie einen Teil ihrer Nahrung aus der Luft beziehe; denn bei der Zersetzung pflanzlicher Substanzen würden stets auch gasförmige Produkte erzeugt, woraus man schließen müsse, daß zur Bildung dieser Substanzen auch Luft verbraucht worden sei. Hales hielt die Blätter ausschließlich für Transspirationsorgane.

1779 stellte Jan Ingenhouß, Versuche von Priestley fortsetzend, fest, daß die Pflanzen unter dem Einfluß der Sonnenstrahlen die aus der Atmosphäre aufgenommene Luft in dephlogistierte Luft (Sauerstoff) verwandeln, in der Dunkelheit aber oder im Schatten schädliche Luft (Kohlensäure) aushauchen. Nachdem Lavoisier und seine Mitarbeiter die chemische Zusammensetzung des Wassers, der Luft und der Kohlensäure erforscht hatten, nahm Ingenhouß seine Untersuchungen wieder auf und legte das Wesen der Assimilation klar[42]). Er wies nach, daß die Pflanze in ihre Blätter die Kohlensäure der Luft aufnimmt, sie mit Hilfe des Sonnenlichts zerlegt, „den Sauerstoff aushaucht und den Kohlenstoff als Nahrungsmittel aneignet“. „Da die Kohlensäure aus Sauerstoff und Kohlenstoff besteht, nehmen die Pflanzen von jenen zwei Prinzipien ihre Hauptbestandteile her, die wir in ihnen finden, ihre Säuren, ihre Öle, ihren Schleim usw. Diese Stoffe werden zugleich mit dem aus der atmosphärischen Luft absorbierten Azot in ihren Organen ausgearbeitet, verschiedentlich modifiziert und verbunden, auf eine ähnliche und nicht minder unbegreifliche Weise als in den wundervollen Prozessen, welche wir in dem tierischen Körper beobachten.“

Nicolas Theodore de Saussure (1767—1845) brachte die Arbeiten von Ingenhouß zum vorläufigen Abschluß[43]). „Er betrat den Weg der quantitativen Untersuchung. Was nur in allgemeinen Umrissen

[40]) Vgl. dazu und zum folgenden: Sachs, Geschichte der Botanik, 1875; A. Hansen, Geschichte der Assimilation und Chlorophyllfunktion. Arbeiten des botanischen Instituts in Würzburg II, 1882, S. 537. — [41]) Statical Essays, II, Vegetable Statistics, London 1727. — [42]) J. Ingenhouß, Über Ernährung der Pflanzen und Fruchtbarkeit des Bodens. 1796. Deutsch von G. Fischer, 1798. — [43]) Recherches chymiques sur la végétation, 1804.

erkannt war, gewann durch das quantitative Zeugnis eine schärfere Ausprägung im Ganzen, eine deutlichere Erkennbarkeit im einzelnen" (A. Hansen). Saussure stellte endgültig fest, daß die Pflanze ihren Kohlenstoffbedarf nur der Kohlensäure der atmosphärischen Luft entnimmt. Er erkannte ferner die Bedeutung des Wassers, das noch Ingenhouß bloß für ein Vehikel der Nahrung gehalten hatte. Er lieferte den Nachweis, daß das Wasser von der Pflanze nicht zerlegt, sondern als solches assimiliert wird, daß es aber außerdem der Pflanze die notwendigen Mineralbestandteile zuführt.

Die Versuche und Ergebnisse von Ingenhouß und Saussure blieben lange unberücksichtigt. 1842 schrieb Matthias Schleiden über die Schematisierung der Pflanzenernährung, wie sie noch zu seiner Zeit im Schwunge war: „Einerseits hat man sich damit begnügt, nach oberflächlicher Auffassung der leichter in die Augen fallenden Erscheinungen über die denselben zugrunde liegenden Vorgänge rein aus der Phantasie gegriffene Romane zusammen zu träumen, wobei selbst in unserem Jahrhundert zuweilen noch die ganze chemische und physikalische Roheit und Unbeholfenheit des Mittelalters mitsprechen, teils hat man mit eben derselben physikalischen, chemischen und physiologischen Bildungslosigkeit die unsinnigsten Experimente angestellt und die daraus gewonnenen Resultate ebenso sinnlos zu Theorien verarbeitet"[44]. Aber daß Ingenhouß und Saussure das Wesen der Assimilation schon richtig erkannt hatten, sah auch Schleiden nicht. Die Meinung, daß der Humus als Bestandteil der Dammerde von den Wurzeln der Pflanzen aufgenommen und daß sein Kohlenstoff ohne weiteres von der Pflanze als Nahrung verwendet wird, war so verbreitet, und hatte in einem solchen Grade Wurzel gefaßt, daß jede Beweisführung für diese Meinung für überflüssig erachtet wurde. Erst Justus Liebig (1803—1873) brachte die Forschungen von Ingenhouß und Saussure wieder ans Licht und zu Ehren, in seinem berühmten Buch über „die organische Chemie in ihrer Anwendung auf Agrikultur und Physiologie" (1840). Aber noch 38 Jahre später mußte durch erneuerte Experimente dargetan werden, daß die Kohlensäure nicht, wie man immer noch glaubte, durch die Wurzeln, sondern durch die Blätter aufgenommen und hier verarbeitet wird[45]. Wir stehen hier „gewisser-

---

[44]) M. J. Schleiden, Grundzüge der wissenschaftlichen Botanik, II, 1842, S. 465. — [45]) J. W. Moll, Die Herkunft des Kohlenstoffs in den Pflanzen. Arbeiten aus dem botanischen Institut in Würzburg, 1878.

maßen an der Wiege der gesamten organischen Substanzen der Pflanzen- und damit auch der Tierwelt"[46]).

Als erstes sichtbares Assimilationsprodukt der Assimilation hatte Julius Sachs (1862) die Stärke erkannt[47]). Er nahm jedoch nicht an, daß Kohlensäure und Wasser unter Ausscheidung von Sauerstoff sich sofort zu Stärkemolekülen vereinigen; „es ist, sagt er, möglich und wahrscheinlich, daß der von Sauerstoffabscheidung begleitete Prozeß ein sehr verwickelter ist, aus welchem erst durch zahlreiche chemische Metamorphosen die Bildung der Stärke resultiert"[48]). In der Tat konnte nachgewiesen werden, daß in stärkefreien Pflanzen bei der Kohlensäure-Assimilation große Mengen von löslichen Kohlenhydraten oder Zuckerarten gebildet werden[49]). Das Molekül dieser Verbindungen enthält nur Kohlenstoff, Wasserstoff und Sauerstoff und zwar so, daß die Anzahl der Kohlenstoff-Atome fünf oder sechs oder ein mehrfaches davon beträgt (Pentosen, Hexosen und Polyosen), während die Anzahl der Wasserstoff-Atome stets das doppelte der Sauerstoff-Atome beträgt. Wasserstoff und Sauerstoff sind also in den Kohlenhydraten in demselben Verhältnis vorhanden wie im Wasser. Ihre allgemeine Formel ist: $C_x + yH_2O$; die Formel des Traubenzuckers z. B.: $C_6H_{12}O_6$. Auch in den stärkereichsten Pflanzen finden sich die gleichen Zuckerarten. A. F. W. Schimper hat daraus geschlossen — und sein Schluß hat sich bestätigt — daß die einen Pflanzen die gelösten Kohlenhydrate als solche aufspeichern, während die andern sie in Stärke umwandeln. Stärke ist eine Polyose von der Formel: $(C_6H_{10}O_5)_n$. Es steht also fest, daß die ersten nachweisbaren Produkte der Kohlensäure-Aufnahme und der Verbindung ihres Kohlenstoffs mit Wasser lösliche Kohlenhydrate sind.

Auch diese Kohlenhydrate sind jedoch schon zu kompliziert gebaut, als daß sie das erste Assimilationsprodukt darstellen könnten. Der Weg, der in der Pflanze zu ihnen führt, wird bis jetzt nur hypothetisch geahnt. Die meiste Wahrscheinlichkeit wird der Hypothese Adolf von Baeyers (1870) beigemessen[50]); nach dieser soll sich unter dem Einfluß des Sonnenlichts die Kohlensäure in Kohlenoxyd und

[46]) E. Abderhalden, Lehrbuch der physiologischen Chemie I, 3. A. 1914, S. 78. — [47]) Übersicht der Ergebnisse der neueren Untersuchungen über das Chlorophyll. Flora 1862. — [48]) Handbuch der Experimentalphysiologie der Pflanzen, 1865, S. 327. — [49]) A. Meyer, Botanische Zeitung 1885, S. 417. — [50]) Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft III, 1870, S. 68.

Sauerstoff zersetzen, das Kohlenoxyd soll mit Wasser zusammentreten und unter abermaligem Austritt von Sauerstoff Formaldehyd geben. Die Formel dieses Vorgangs ist: $CO_2—O = CO + H_2O—O = CH_2O$.

Die Hypothese Baeyers hat insofern die Wahrscheinlichkeit für sich, als es einerseits geglückt ist, Formaldehyd in grünen Blättern nachzuweisen[51]), andererseits, mit Hilfe der elektrischen Energie Kohlensäure und Wasser in Formaldehyd überzuführen[52]).

Emil Bauer betrachtet die Oxalsäure als den „Stammvater der organischen Chemie“[53]). Er geht von der Tatsache aus, daß in Blättern, Stengeln, unreifen Rüben und Früchten regelmäßig eine Anzahl von Säuren angetroffen wird, die Oxalsäure, Ameisensäure, Glyoxylsäure, Glykolsäure, Äpfelsäure und Zitronensäure. Diese Säuren verschwinden beim Reifen der Früchte, um Zuckerarten Platz zumachen. „Daraus wird jeder unbefangene Beobachter den Schluß ziehen, daß die Kohlenhydrate aus diesen Säuren hervorgehen.“ Schon Justus von Liebig betrachtete die Pflanzensäuren als Vorstufen der Kohlenhydrate, und auch Berthelot (1886) sah die Oxalsäure als erstes Assimilationsprodukt an. Von da aus führt Bauer die Reihe weiter über Ameisensäure und Glykolsäure zum Formaldehyd. Die Kondensation des Formaldehyds zu Zucker ist experimentell nachgewiesen.

Aus den Kohlenhydraten entstehen unter Hinzutritt von Stickstoff die eigentlichen Träger des Lebens, die Eiweißkörper. Der Stickstoff wird von der Pflanze aus dem Boden in Form von Ammoniak oder Salpetersäure aufgenommen. Über die Art und Weise der Eiweißbildung bestehen bisher wenig mehr als Hypothesen. Treub hat (1895) wahrscheinlich zu machen gesucht, daß aus Salpetersäure und Formaldehyd die Blausäure als erstes stickstoffhaltiges Produkt entstehe[54]). Es kann aber auch sein, daß fertige Kohlenhydrate oder ihre Abkömmlinge den Stickstoff als Ammoniak aufnehmen und Aminosäuren bilden[55]). Diese aber sind die einfachsten Bausteine der Eiweißkörper.

---

[51]) Vgl. V. Grafe und E. Viese, Berichte der deutschen chemischen Gesellschaft 1909, S. 431. — [52]) W. Löb, Zeitschrift für Elektrochemie 1906, S. 282. — [53]) Über die Genesis der Kohlenhydrate. Die Naturwissenschaften I, 1913, S. 474. — [54]) Annales du jardin botanique de Buitenzorg, 1895, S. 1; 1905, S. 86. — [55]) Über die Bildung der Aminosäuren und der Eiweißstoffe im Pflanzenorganismus, die bis jetzt noch im hypothetischen Halbdunkel liegt, vgl. E. Abderhalden, Lehrbuch der physiologischen Chemie II, 3. A. 1914, S. 401; ferner H. Franzen, Über die Bildung der Aminosäuren in den Pflanzen. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie der Wissenschaften, 1910, 9. Abhandlung.

Die einfachste Aminosäure, Glykokoll, ist durch Erlenmeyer (1902) synthetisch aus der Glyoxylsäure dargestellt worden, aus Aminosäuren haben Emil Fischer u. a. Eiweißkörper aufgebaut.

Die Tatsachen der biochemischen Ontogenie im Sinne des Biogenetischen Grundgesetzes betrachtend, sagt Walter Loeb mit Recht: Wenn wir beobachten, haß die Pflanze schneller, als daß wir die Prozesse messend verfolgen können, aus Kohlensäure und Wasser Zucker, aus den gleichen Stoffen unter Mitwirkung des Stickstoffs Eiweiß aufbaut, wenn wir weiter beobachten, daß die Natur bei diesen Prozessen stets bestimmte Zwischenphasen wählt, dann dürfen wir wohl den Schluß ziehen, daß bei einem früheren ersten allmählichen Aufbau dieser komplizierten Verbindungen die Natur einen gleichen Weg gewählt hat. Die Erkenntnis der Zucker- und Eiweißsynthese in der Pflanze, die Einsicht in die physikalischen Bedingungen, die Untersuchung der Zwischenprodukte führen uns entwicklungsgeschichtlich verwertet in entschwundene geologische Epochen und zeichnen uns ein mögliches Bild der phylogenetischen Entwicklung chemischer Gebilde, die wir jetzt nur ontogenetisch aus den Vorgängen in der lebenden Pflanze erforschen können“[56])..

Biochemische Synthese.

Daß im Aufbau der organischen Stoffe keine anderen Elemente zu finden sind als in anorganischen Verbindungen auch, hatten schon die Analysen Lavoisiers ergeben. Aber während man anorganische Verbindungen schon längst auch künstlich hergestellt hatte, herrschte bis in die vierziger Jahre des neunzehnten Jahrhunderts die Auffassung, daß die Synthese der organischen Stoffe ein Vorrecht der Natur und an das Leben selbst gebunden sei. Im Jahre 1827 schrieb der große Jakob Berzelius in seinem „Lehrbuch der Chemie“, in der Einleitung zu dem organischen Teil: „In der lebenden Natur scheinen die Elemente ganz anderen Gesetzen zu gehorchen als in der toten, die Produkte ihrer gegenseitigen Einwirkungen werden daher ganz anders, als in dem Gebiete der unorganischen Natur ... Das Wesen des lebenden Körpers ist folglich nicht in seinen unorganischen Elementen begründet, sondern in etwas anderem, welches die unorganischen, für alle lebenden Körper gemeinschaftlichen Elemente zur Hervorbringung eines ge-

56) W. Loeb, Der Entwicklungsbegriff in der Chemie. Aus der Natur IV, 1908, S. 408.

wissen, für jede besondere Art bestimmten und eigenen Resultates disponiert. Dieses Etwas, welches wir Lebenskraft nennen, liegt gänzlich außerhalb der unorganischen Elemente; aber was es ist, wie es entsteht und endigt, begreifen wir nicht. Eine für uns unbegreifliche und der toten Natur fremde Kraft hat in die unorganische Masse einmal dieses Etwas gebracht, und nicht auf eine solche Weise, als wäre es das Werk des Zufalls, sondern in einer bewunderungswürdigen Mannigfaltigkeit und mit der höchsten Weisheit zu bestimmten Zwecken berechnet."

In der fünften Original-Auflage desselben Lehrbuchs (Bd. IV, 1847), stehen dieselben Sätze, mit Ausnahme des Zwischensatzes: „welches wir Lebenskraft nennen". Dafür heißt es jetzt: „Bei Abhandlung der verschiedenen Arten von Lebens-Erscheinungen bedient man sich häufig des Wortes L e b e n s k r a f t. Meistens hat man zu allen Zeiten angenommen, daß sie eine eigentümliche, in die lebende Natur gelegte Kraft sei, und daß die chemischen Produkte in lebenden Körpern durch diese neue Kraft bedingt werden, und nicht durch die ursprünglichen Vereinigungskräfte, welche in der unorganischen Natur wirken. Diese Ansicht ist gewiß nicht richtig, wiewohl es nicht an scheinbaren Gründen für sie fehlt . . . In der lebenden Natur finden allerdings physikalische und chemische Phänomene statt, welche von denen in der unorganischen Natur so verschieden sind, daß sie wohl zu der Annahme einer chemischen Lebenskraft zu berechtigen scheinen könnten; aber wenn wir gründlich die Umstände untersuchen, so erkennen wir dabei leicht die Wirkungen der gewöhnlichen Naturkräfte, gestellt unter den Einfluß einer Menge von verschiedenen Verhältnissen, welche höchst selten, und die meistens niemals in der unorganischen Natur stattfinden. Wir sind freilich weit entfernt zu begreifen, wie die chemischen Phänomene des Lebens bedingt werden; aber nach dem wie wohl geringen Teil davon, welchen zu entschleiern uns geglückt ist, liegt es doch klar vor Augen, daß, wenn bei den chemischen Prozessen in den lebenden Körpern unter der Wirkung der Lebenskraft etwas anderes verstanden wird, als die eigentümlichen, auf verschiedene Weise zusammenwirkenden Umstände, unter welchen die gewöhnlichen Naturkräfte in der organischen Natur in Wirksamkeit gesetzt werden, und daß, wenn darunter eine der lebenden Natur eigentümliche chemische Kraft verstanden wird, diese Meinung ein Irrtum ist und einen von den vielen Fällen ausmacht, wo wir ein Wort anstatt eines Begriffes setzen, und wo wir durch das Wort befriedigt werden, ohne nach dem Begriff zu suchen."

In diesen beiden Zitaten spiegelt sich der Fortschritt wieder, der zwischen 1827 und 1847 erreicht worden war. Im Jahre 1828 war es Wöhler, dem früheren Schüler von Berzelius und Übersetzer seines Lehrbuchs, gelungen, die erste organische Verbindung, Harnstoff, auf künstlichem Wege herzustellen, indem er wasserhaltige Cyansäure mit Ammoniak vereinigte[57]), und damit dem Dogma von der mystischen Lebenskraft den ersten Stoß zu versetzen. „Ich muß Ihnen sagen", schreibt er an Berzelius, „daß ich Harnstoff machen kann, ohne dazu Nieren oder überhaupt ein Tier, sei es Mensch oder Hund, nötig zu haben". Berzelius besprach diese organische Synthese, in der dritten Auflage seines Lehrbuchs (Bd. VI, 1837) und schrieb dazu: „Wenn wir aber auch in Zukunft mehrere solche Produkte aus rein unorganischen Materien und von einer mit den organischen Produkten analogen Zusammensetzung entdecken sollten, so ist doch diese unvollständige Nachahmung immer zu unbedeutend, als daß wir jemals hoffen dürften, organische Stoffe künstlich hervorzubringen und, wie es in den meisten Fällen in der unorganischen Natur gelingt, die Analyse durch die Synthese zu bestätigen."

Noch im Jahre 1842 stellte Gerhardt die Lebenskraft und die chemischen Kräfte in Gegensatz zu einander[58]). Die Lebenskraft allein operiere durch Synthese, die chemischen Kräfte durch Zerstörung. Elf Jahre später mußte Gerhardt in seinem „Traité de Chimie" bekennen: „Die natürlichen Verbindungen und die künstlichen Produkte unserer Laboratorien sind die Glieder ein und derselben Kette, welche durch dieselben Gesetze zusammengehalten wird. Dies beweisen zur Genüge die zahlreichen künstlichen Bildungen, die wir der modernen Wissenschaft verdanken." Seit den vierziger Jahren des 19. Jahrhunderts war nämlich die synthetische Richtung auch in der organischen Chemie von Erfolg zu Erfolg geschritten; es war geglückt, die organischen Verbindungen aus den Kohlenwasserstoffen oder einfachsten Kohlenstoffverbindungen herzustellen und die Kohlenwasserstoffe selbst aus den Elementen zu gewinnen. Die Synthese der Essigsäure erfolgte 1895 durch Kolbe; Berthelot erzeugte Alkohol aus Äthylen, und diesem gelang auch die Synthese des Methans (1856) und des Acetylens (1865). Schon 1856 schrieb Berthelot: „Wir dürfen hoffen, alle Ma-

[57]) F. Wöhler, Über künstliche Bildung des Harnstoffes. Poggendorfs Annalen, Bd. 12, 1828, S. 253. — [58]) Vgl. E. Hjelt, Geschichte der organischen Chemie, 1916, S. 41.

terien, die sich seit dem Anfang der Dinge entwickelt haben, von neuem zu bilden, und zwar unter denselben Bedingungen, nach denselben Gesetzen, und durch dieselben Kräfte, welche die Natur zur Bildung derselben angewendet hat". Seitdem ist die organische Chemie von Synthese zu Synthese fortgeschritten, und heute herrscht die stolze Überzeugung, „daß es keine von der Natur produzierte chemische Verbindung gibt, die die Chemie nicht lernen sollte künstlich aufzubauen, sei sie auch noch so kompliziert zusammengesetzt, wie etwa die Eiweißsubstanzen des Tierkörpers"[59]). Wenn man auch diese künstlich hergestellten Eiweißkörper noch von den eigentlich lebenden Substanzen unterscheidet — Verworn nennt diese „Biogene" — so ist doch allgemein anerkannt, daß ein prinzipieller Unterschied zwischen chemischen Reaktionen innerhalb und außerhalb des lebenden Organismus nicht besteht, und daß nur die Lücken unserer rein chemischen Kenntnisse, die Mängel unserer Arbeitsmethoden und endlich die außerordentliche Kompliziertheit der lebenden Materie die Zurückführung der Lebens-Erscheinungen auf chemische Reaktionen erschweren[60]). Der heutige Stand der Forschung erlaubt sogar dem Biologen noch einen Schritt weiter zu gehen und zu sagen: „Wenn man sich die gewaltigen Fortschritte vergegenwärtigt, welche die Biochemie in den letzten Jahren gemacht hat und wahrscheinlich noch machen wird, wenn man sich der wunderbaren Erscheinungen erinnert, die uns besonders Rhumbler als Nachahmungen der Lebensvorgänge vorgeführt hat, wenn man schließlich bedenkt, wie jung und unerfahren die ganze Wissenschaft vom Leben noch ist, so gerät auch ein kritischer Forscher leicht in eine Stimmung, wo ihm der Gedanke an die künstliche Darstellung einfachster Organismen nicht mehr als ein tolles Hirngespinst vorkommt"[61]).

---

[59]) O. Wallach, Organische Chemie. Kultur der Gegenwart: Chemie, 1913, S. 236. — [60]) Vgl. dazu H. Euler, Grundlagen und Ergebnisse der Pflanzenchemie I, 1908, Einleitung, sowie M. Verworn, Allgemeine Biologie, 5. A. 1913. — [61]) B. Lidforß, Kultur der Gegenwart, Allgemeine Biologie, 1915, S. 275.

---

19. Kapitel.

Archigonie.

Die Entstehung der lebendigen Substanz.

Aristoteles — mit ihm müssen wir immer wieder beginnen — hatte gelehrt, es gebe einen allgemeinen Übergang vom Nichtlebenden zum Lebenden, so daß es verborgen bleibe, wo das eine aufhöre und das andere beginne. Mit diesem „Übergang" ist jedoch nicht ein realer, sondern ein logischer gemeint. Was entsteht, ist für Aristoteles der Anlage, den Elementen nach vorhanden. Tiere und Pflanzen entstehen deshalb in der Erde, weil in der Erde Wasser vorhanden ist und im Wasser Luft (Pneuma), in der Luft aber Lebenswärme, Psyche. Es ist also eigentlich alles belebt, daher kann auch aus scheinbar Nichtlebendem Lebendes entstehen. Eine Frage nach der (ursprünglichen) Entstehung des Lebens gab es also für Aristoteles eigentlich nicht. Wie bei der tierischen Zeugung die tierische Wärme aus der Nahrung einen Keim bereitet und gleichsam ausbrütet, so kann die atmosphärische Wärme des Sommers aus Meerwasser und Erde ein Gebilde erzeugen, das die in der Luft enthaltene Psyche zu einem Lebenskeim macht, der sich zu „entwickeln" vermag. Auf diese Weise, „elternlos", können nach Aristoteles im allgemeinen nur die niederen, die „blutlosen" Tiere und die Pflanzen entstehen, von höheren etwa die Aale und Frösche.

Weiter ging ohne Zweifel die Meinung des griechischen Volkes. Die Bezeichnung „Autochthonen", Erdgeborene, für die Eingeborenen eines Landes, läßt uns erkennen, daß man auch die Menschen aus der Erde geboren sein ließ; und unser Ausdruck „Mutter Erde" geht ohne Zweifel ebenso auf diesen uralten Glauben der Autochthonie zurück, der selbst in den Worten der Genesis: „Die Erde bringe hervor" zum Ausdruck kommt, hier allerdings mit theologischem Hintergrund.

„Sind wir nicht alle zuletzt aus himmlischem Samen entsprossen?“ fragt der Dichter Lukrez, „alle von einem Vater? Von ihm empfänget die Erde, sie, die gütige Mutter, die Tropfen befruchtenden Regens, und erzeuget im Schoße die herrlichen Saaten und Bäume, samt dem Menschengeschlecht und allen Geschlechtern der Tiere. Und so wird ihr mit Recht der Muttername gewähret“[1]). Der himmlische Vater ist der Himmel selber, Jupiter, Dies piter, der altindische Dyaus.

Sehr anschaulich schildert der Dichter Ovid die Urzeugungslehre seiner Zeit:

„Sowie, wenn sich verliert von den nassen Gefilden des Nilus siebenmündiger Strom und zum früheren Bette zurückkehrt, und von dem Äthergestirne der frische Morast sich erhitzet, trifft zahlreiches Getier in gewendeten Schollen der Landmann, und sieht manche davon erst eben begonnen, gerade während der Zeit der Geburt, und andere in der Entwicklung noch nicht fertig gediehn; oft ist an demselbigen Körper lebend bereits ein Teil, der andere noch klumpige Erde. Denn wo Feuchte gewinnt und Wärme die richtige Mischung, wird empfangen die Frucht, und alles entsteht aus den beiden“[2]).

Aus dem ersten Jahrhundert unserer Zeitrechnung besitzen wir ein Tischgespräch von Plutarch, in dem die damals schon beliebte Frage, ob die Henne oder das Ei früher dagewesen sei, erörtert wird[3]). Firmus, der erste Hauptredner, führt an, stets müsse zuerst das Einfachere und daraus erst das Zusammengesetztere entstanden sein. Als das Einfachere müsse aber das Ei betrachtet werden, denn es sei der Bildungsstoff oder die Materie, aus der sich zuerst Blutgefäße und dann allmählich die übrigen Teile der Tiere hervorbilden. Alle lebenden Tiere ohne Ausnahme entstünden aus Eiern; deshalb ließen die Philosophen selbst das Weltall aus einem Ei hervorgehen.

Darauf antwortet Senekio im Sinne des Aristoteles: Das Ei oder der Same sei ein Teil oder Produkt des ausgewachsenen und zur Fortpflanzung reifen Tieres, immer müsse das Vollkommenere vor dem Unvollkommeneren, das Ganze vor den Teilen dagewesen sein, sonst könne man am Ende auch verlangen, daß vor dem Ei das Nest, vor dem Weibe die Gebärmutter, vor dem ersten Menschen die Windeln dagewesen seien. Zum Hauptbeweise diene die Erfahrung. Noch heute

---

[1]) T. Lucretius Carus, Von der Natur der Dinge. Deutsch von C. L. v. Knebel. II. Buch, v. 991 ff. — [2]) Ovid, Metamorphosen I, 422—437. — [3]) Plutarchs Tischgespräche II, 3.

bringe die Erde wohl keine Eier, wohl aber vollständige Tiere hervor, wie z. B. in Ägypten Mäuse, an vielen andern Orten Schlangen, Frösche, Grillen. So viele Aale man auch schon gefangen habe, nie sei einer darunter gewesen, der Milch oder Rogen gehabt hätte; aber wenn man das Wasser aus einem Teiche gänzlich herausschöpfe und denselben trocken lege, immer erzeugten sich, sobald wieder Wasser hineinkäme, neue Aale. Platon sage im Menexenos mit Recht, das Weib ahme im Gebären der Erde nach, nicht aber die Erde dem Weibe. — Dies der Schluß des Gespräches. Niemand hat etwas darauf zu erwidern, die Frage ist erledigt: Die Henne war vor dem Ei.

Etwa siebzehnhundert Jahre später erhob Goethe die Frage von neuem: „War die Henne zuerst, oder war das Ei vor der Henne?" und er fügte hinzu: „Wer dies Rätsel erlöst, schlichtet den Streit um den Gott"[4]). Die Deszendenztheorie hat das Rätsel gelöst und damit, wie Goethe richtig sah, den schaffenden Gott unnötig gemacht. Weder das Ei, noch das Huhn war früher da, sondern ein drittes, das in allmählicher Entwicklung Ei und Huhn wurde (vgl. S. 404).

Die Väter der christlichen Kirche nahmen die Lehren der Alten über die Urzeugung mit Wohlwollen auf. Schon Basilius der Große († 379) und der heilige Ambrosius († 317) hatten in ihren Kommentaren über das Sechstagewerk die Lehre von der potentiellen oder indirekten Schöpfung angenommen, und der heilige Augustin bildete sie in seinem Genesis-Kommentar weiter aus. Die späteren kirchlichen Schriftsteller folgten ihm. Die oben erwähnte Stelle der Genesis kam dieser Lehre entgegen.

Aber auch die „Wissenschaft" des Mittelalters und der neueren Zeit vertrat die Lehre von der Urzeugung in ihrer aristotelischen Form. Andreas Caesalpinus (1519—1602) lehrte in seinen 1593 erschienenen „Quaestiones Peripateticorum" die platonisch-aristotelische Urzeugung bis zu der Konsequenz, daß die Urbilder der Art ewig seien, und daß, wenn je einmal eine Art ausstürbe, sie von neuem durch Urzeugung entstehen würde, sogar die höheren Tiere, welche dabei zunächst in Form eines Würmchens erschienen.

Hinsichtlich der Pflanzen nahm man das elternlose Hervorgehen aus der Erde ohne Bedenken an. Den grünen Überzug an der Wetterseite von Mauern und Bäumen, der aus kleinen Algen besteht, hielt man

[4]) Goethes Werke, Cottasche Jubiläumsausgabe, II, 83.

für „elementar aufgrünenden Staub“. Matthiolus, ein geschätzter Botaniker des achtzehnten Jahrhunderts, glaubte, daß die gemeine Wasserlinse oder Entengrütze „ein niemals blühender Anfang“ zu andern Gewächsen sei. Heucherus schreibt darüber: „Die fetten und allzeit grünenden Wasserlinsen sind nichts anderes als Fettigkeit der stillstehenden Wasser, und sind solche Linsen ein Anfang und Same anderer Kräuter. Denn sobald diese Linsen aus den stillen Wassergräben etwa durch eine Flut in fließende Bäche kommen, da wachsen sie breit voneinander und hangen sich an die Wassergestaden, aus welchen mit der Zeit andere Bachkräuter wachsen, dem Brunn-Kreß nicht ungleich, über welches Geheimnis der Natur man sich billig verwundert.“

In mehr oder minder modifizierter Weise herrschte die ältere Urzeugungslehre dort, wo nicht eine direkte Schöpfung angenommen wurde, bis tief in das neunzehnte Jahrhundert hinein. Wir treffen sie bei Paracelsus ebenso wie noch bei Herder, vielleicht auch bei Goethe, dann wieder bei Schopenhauer und Fechner[5]). Auch Naturforscher wie Bronn waren der Hypothese von der Generatio aequivoca oder spontanea, der Lehre von der Archigonie oder Autogonie geneigt.

Die ältere Urzeugungslehre wurde im Jahre 1668 durch Francesco Redi zu Fall gebracht. Es gelang ihm, durch eine Reihe wohl ausgedachter Experimente den Nachweis zu erbringen, daß Insekten, Fische und Amphibien aus Eiern hervorgehen, und daß sich in faulenden Flüssigkeiten weder Maden noch Würmer bilden, wenn man Fliegen und Würmer davon abhält, ihre Eier hinein zu legen[6]).

Eine neue Entdeckung gab indessen der Urzeugungslehre neue Nahrung. Mit seinen Vergrößerungslinsen die Welt des Kleinen durchforschend, fand Anton von Leeuwenhoek (1632—1723) in faulenden Pflanzenaufgüssen (Infusionen) kleine Lebewesen, die sich zum Teil sehr lebhaft bewegten. Er nannte sie Infusionstierchen oder Infusorien. Über die Entstehung dieser Infusorien entbrannte alsbald ein heftiger Streit, der über ein Jahrhundert lang währte. John Tuberville Needham, ein schottischer Priester, stellte in der ersten Hälfte des achtzehnten Jahrhunderts Experimental-Untersuchungen an, um über die Frage ins Klare zu kommen[7]). Er legte eine fest verschließbare Flasche, die Wasser mit Fleischteilchen enthielt, in heiße Asche. Nach-

---

[5]) Vgl. das 2. Kapitel; Bronn im 14. Kapitel. — [6]) F. Redi, Esperience interno alla generazione delle insetti. Florenz 1668. — [7]) New microscopical discoveries. London 1745.

dem sie wieder abgekühlt war, fanden sich in dem Fleischaufguß eine Menge Infusorien. Da nach Needhams Meinung alle vorhandenen „Eier“ durch das Kochen getötet worden waren und neue nicht hinzukommen konnten, so schloß er, die Infusorien seien „spontan“, durch Urzeugung entstanden.

Ebenfalls auf Grund von Experimenten bekämpfte der italienische Abbate Lazaro Spallanzani die Urzeugungslehre[8]). Er fand, daß in einer Infusion, die dreiviertel Stunden lang in Siedetemperatur gehalten worden war, nur dann Infusorien auftraten, wenn er gewöhnliche Luft hinzutreten ließ. Die Anhänger der Urzeugungslehre erklärten indessen: durch die übermäßige Hitze sei die in den Gefäßen vorhandene Luft so ungünstig verändert worden, daß sie zur Entstehung von Infusorien untauglich geworden sei.

Buffon (1707—1788) stellte sich vor, Tiere und Pflanzen bestünden aus organischen Grundteilchen, die ihnen ähnlich seien[9]). In der Natur seien also unzählig viele organische Teilchen vorhanden, ebenso, wie es viele unorganische Teilchen gäbe, die den uns bekannten unorganischen Körpern gleich seien. „Gleichwie nun zur Hervorbringung eines einzigen sichtbaren Meersalzkörnchens vielleicht Millionen zusammengedrängter Salzkörnchen gehören, so werden auch zu einem einzelnen Fruchtkeim, der einen einzelnen Ulmbaum oder Polypen in sich fasset, Millionen organischer, dem Ganzen gleichende Teilchen erfordert.“ Entstehung, Entwicklung, Wachstum eines Lebewesens ist danach nichts anderes als eine fortschreitende Anhäufung solcher kleinster Teilchen, „die sich untereinander selbst und zugleich dem Ganzen ähnlich sind“. Buffon will überhaupt die Materie nicht in organische und unorganische, sondern in lebende und abgestorbene einteilen; denn das Unorganische sei nichts anderes als das Abgestorbene. Die Zerstörung eines organischen Wesens sei jedoch nichts weiter, als eine Trennung der organischen Teile, woraus es bestehe. Und diese Teile blieben so lange voneinander abgesondert, bis irgend eine wirksame Kraft sie wieder zusammenbringe.

In seinen „Epochen der Natur“[10]) führt Buffon aus: Jede Hervorbringung, jede Zeugung, und selbst jedes Wachstum, jede Entwicklung, setzen die Zusammenkunft und Vereinigung einer großen Menge be-

---

[8]) Dissertatione de fisica animale e vegetabile. Modena 1765. — [9]) Allgemeine Naturgeschichte, deutsch, 3. Teil, Berlin 1771, S. 162 ff. — [10]) Deutsch St. Petersburg, 1781, S. 56 f.

lebter organischer Teile voraus. Diese Teile, die alle organische Körper beleben, sind nach und nach zur Nahrung und Erzeugung aller Wesen gebraucht. Würde auf einmal der größte Teil dieser Wesen vertilgt, so würde man neue Arten hervorkommen sehen, weil diese organischen Teile, die unzerstörbar und stets wirksam sind, sich wieder vereinigen würden, um andere organische Körper zu bilden. Da sie aber alle zu den Formen der jetzt existierenden Wesen gebraucht sind, so können keine neuen Arten entstehen, wenigstens nicht in den ersten Klassen der Natur, nicht unter den großen Tieren. Diese großen Tiere sind aber aus Norden in die Südländer gekommen, sind da genährt, hervorgebracht und vermehrt worden, und haben daher alle belebten Partikeln in sich aufgenommen, so daß keine mehr übrig geblieben sind, welche neue Arten hätten hervorbringen können. In den Ländern des südlichen Amerika hingegen, wohin die großen Tiere des Nordens nicht haben kommen können, waren die organischen belebten Partikeln noch nicht durch die Bildung eines einzigen schon existierenden Tieres vermindert (zu der Zeit nämlich, als sich die nördlichen bildeten); sie vereinigten sich daher, um Arten zu bilden, die nicht den andern gleichen.

Die organischen Partikeln läßt Buffon durch die Einwirkung der Wärme auf die zähen Materien der Erde erzeugt werden. Alle wässerigen, öligen und zähen Teile aber, welche zur Zusammensetzung organisierter Wesen erfordert werden, fielen mit dem Wasser auf die nördlichen Teile der Erde viel eher und in weit größerer Menge herab, als auf die südlichen Teile. Daher der Unterschied in der „Fruchtbarkeit der Erde“.

Die phantastische Urzeugungslehre von Lorenz Oken haben wir bereits kennen gelernt (S. 76). Sie schließt sich an die Lehre Buffons an. Alles Organische, so meint er, ist aus Schleim hervorgegangen, ist nichts als verschieden gestalteter Schleim. Das Unorganische ist ein schleimiger Punkt. Durch Oxydation des Schleimpunktes an der Luft entsteht eine feste Hülle, der Schleimpunkt wird ein Schleimbläschen, ein Infusorium. Durch die Synthesis von Infusorien entstehen die Organismen. Die Erzeugung ist nichts anderes als eine Zusammenhäufung unendlich vieler solcher Infusorien. Jede Zeugung fängt mithin von vorn an.

Lamarck war überzeugt, daß die ersten Ansätze von Leben und Organisation sich aus Unorganischem entwickelt haben. Im zweiten Teil seiner „Zoologischen Philosophie“ (1809) vergleicht er in umsichtigster Weise die anorganischen Körper mit den Organismen, unter-

sucht, was das Leben ausmacht, sowie die für seine Existenz in einem Körper wesentlichen Bedingungen und spricht das Zellgewebe als die Grundlage aller Organisation an. Für ihn sind alle Organismen Erzeugnisse der Natur; durch „direkte oder spontane“ Zeugungen hat diese die einfachsten lebenden Körper hervorgebracht, aus denen alle anderen Organismen entstanden sind. An den Anfang oder vielmehr in den Übergang, setzt er „eine scheinbar homogene schleimige oder gallertartige Substanz, deren untereinander zusammenhängende Teile zwar ihrer Beschaffenheit nach dem flüssigen Zustand sehr nahe sind, aber dennoch genügende Konsistenz besitzen, um Hohlräume zu bilden“. Die Wärme, die Elektrizität, „vielleicht noch einige andere aktive und unsichtbare Fluida“ der umgebenden Natur sind die Kräfte, welche diese noch unorganische schleimige Substanz beleben[11]).

Auch im neunzehnten Jahrhundert wurde die Urzeugungslehre wiederholt einer experimentellen Prüfung unterworfen, ohne daß dadurch die Frage einer endgültigen Entscheidung zugeführt wurde[12]).

In Januar 1860 stellte die Pariser Akademie die Preisaufgabe: „zu versuchen, durch wohlgelungene Experimente neues Licht auf die Frage von der Urzeugung zu werfen“. Diese Aufgabe wurde von Louis Pasteur in Angriff genommen. Er stellte fest, daß in der Luft immer und überall Keime kleinster Organismen vorhanden sind. Er stellte ferner fest, daß man durch genügend langes Erhitzen bei ausreichender Temperatur imstande ist, jede Substanz „steril“ zu machen, das heißt, die in ihr enthaltenen Keime zu töten, und daß eine derartig sterilisierte Flüssigkeit nicht in Zersetzung gerät, wenn dafür gesorgt wird, daß von außen keine lebenden Keime hinzutreten können. Den Einwurf der „Heterogenisten“, daß die Fäulnis nur darum nicht einträte, weil die Flüssigkeit durch das starke Erhitzen untauglich geworden sei, konnte dadurch zurückgewiesen werden, daß man in eben diese Flüssigkeit eine kleine Anzahl von Keimen brachte. Sie entwickelten sich rasch und üppig[13]).

Pasteur schien die Urzeugungslehre endgültig aus der wissenschaftlichen Diskussion verbannt zu haben.

---

[11]) Vgl. Lamarck, Zoologische Philosophie (1809). Deutsch von A. Lang, 2. Teil. Dazu Kühner, Lamarck, 1913, S. 160 ff. — [12]) Über diese Versuche im einzelnen, die namentlich von Franz Schulze, Theodor Schwann u. a. angestellt wurden, vgl. F. Lafar, Technische Mykologie I, 1897, S. 3 ff. — [13]) L. Pasteur, Die in der Atmosphäre vorhandenen organischen Körperchen. Prüfung der Lehre von der Urzeugung. Ostwalds Klassiker der exakten Wissenschaften Nr. 39.

Darwin hatte seine „Entstehung der Arten“ (1859) mit den Worten beschlossen: „Es ist wahrlich eine großartige Ansicht, daß der Schöpfer den Keim alles Lebens, das uns umgibt, nur wenigen oder nur einer einzigen Form eingehaucht habe, und daß, während dieser Planet den strengen Gesetzen der Schwerkraft folgend sich im Kreise schwingt, aus so einfachem Anfang sich eine endlose Reihe immer schönerer und vollkommenerer Wesen entwickelt hat und noch fort entwickelt.“ Er fragt die Anhänger der alten Schöpfungstheorie, welche Millionen von Pflanzen- und Tier-Spezies zum Gegenstande von Millionen verschiedener Schöpfungsakte eines persönlichen Schöpfers machen, der durch seine späteren Schöpfungen die an den früheren Formen begangenen Fehler verbessere: welche Vorstellung sie sich denn eigentlich von der Erschaffung der einzelnen Geschöpfe machen? Ob sie wirklich glauben, daß in unzähligen Momenten unserer Erdgeschichte jedesmal gewisse Urstoff-Atome kommandiert worden seien, zu lebendigen Geweben zusammenzufahren? ob jede Art in einem oder in vielen Individuen, im Ei- oder im ausgewachsenen Zustande, ob die ersten Säugetiere mit oder ohne Nabel erschaffen worden seien? Dazu bemerkt der Übersetzer H. G. Bronn in seinem Schlußwort sehr treffend: Man könnte Herrn Darwin seine Frage zurückgeben, wenn er nach seiner Theorie auch nur acht bis zehn erschaffene Arten bedarf, oder auch nur eine einzige. Wenn ein persönlicher Schöpfungsakt einmal erforderlich ist, so scheint es uns gleichgültig, ob der erste Schöpfungsakt sich nur mit einer oder mit zehn oder mit 100000 Arten befaßt, und ob er dies nur ein für allemal getan, oder von Zeit zu Zeit wiederholt hat. Wenn Herr Darwin die organische Schöpfung überhaupt angreift, so muß er nach unserer Überzeugung auch auf die Erschaffung einer ersten Alge verzichten[14]).

Auch der junge Ernst Haeckel sprach sich alsbald gegen Darwins Schöpfungslehre aus[15]). Der größte Mangel der Darwinschen Theorie, sagt er, liege darin, daß sie für die Entstehung des Urorganismus, aus dem alle anderen sich hervorgebildet haben, gar keine Anhaltspunkte liefere. Wenn Darwin für diese erste Spezies noch einen besonderen Schöpfungsakt annehme, so sei dies jedenfalls inkonsequent, und wohl nicht ernstlich gemeint.

---

[14]) Darwin, Entstehung der Arten, 1859. Deutsch von G. H. Bronn, 1860, S. 486 f. und 515. — [15]) Monographie der Radiolarien, 1862, S. 232, Anmerkung.

Darwin selbst bestätigte die Vermutung Haeckels. In einem Brief an J. D. Hooker schrieb er mit Bezug auf seine „Schöpfungslehre“: „Ich habe schon lange bedauert, daß ich, dem gewöhnlichen Gebrauche folgend, den biblischen Terminus ‚Schöpfung‘ gebraucht habe. Ich meine damit in Wirklichkeit nur das Auftreten infolge eines unbekannten Vorgangs.“ Bei dem gegenwärtigen Stande unserer Kenntnisse sei allerdings ein Nachdenken über den Ursprung des Lebens ebenso aussichtslos wie über den Ursprung der Materie. Später schrieb er über einen speziellen Punkt der Urzeugungslehre: „Es ist oft behauptet worden, daß alle Bedingungen für die erste Entstehung lebendiger Wesen heute wie jemals vorhanden seien. Aber wenn wir annehmen, daß in einem kleinen warmen Tümpel, wo alle Arten von Ammonium- und Phosphor-Salzen, Luft, Wärme, Elektrizität usw. vorhanden sind, auf chemischem Wege ein zusammengesetzter Proteïnkörper gebildet würde mit der Fähigkeit zu noch komplizierteren Umänderungen, so würde jetzt eine solche Substanz augenblicklich verschlungen oder absorbiert werden. Das kann aber nicht eintreten, bevor lebende Wesen vorhanden sind“. Hier gibt er also die Möglichkeit einer Urzeugung indirekt zu[16]).

Daß eine Urzeugung, eine sogenannte „mutterlose Zeugung“ einfachster Lebewesen stattgefunden haben müsse, hatten auch die Botaniker Schleiden und Unger angenommen. Ebenso der bekannte Zoologe Hermann Burmeister, der in seiner „Geschichte der Schöpfung“ die „Urbildung“ als ein notwendiges Postulat der exakten Wissenschaft gelten läßt, „weil in der Tat kein streng wissenschaftlicher Gegenbeweis vorliegt und ohne dieselbe das Entstehen der Organismen auf der Erdoberfläche nur durch unmittelbares Eingreifen einer höheren Macht denkbar ist, dafür aber aus dem ganzen übrigen Entwicklungsgange des Erdkörpers kein hinreichendes Motiv nachgewiesen werden kann, vielmehr ein solches unmittelbares Eingreifen von außen allen andern wissenschaftlichen Resultaten widerspricht“. Mit ähnlichen Worten sprach sich auch H. G. Bronn für die Urzeugung und gegen die Schöpfung aus[17]).

---

[16]) Life and Letters of Ch. Darwin, ed. by Francis Darwin, III, 1888, S. 18 und Anm. — [17]) S. M. J. Schleiden, Die Pflanze und ihr Leben, 1848, S. 257; F. Unger, Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt, 1852, S. 340; H. Burmeister, Geschichte der Schöpfung, 5. A. 1854. S. 324; H. G. Bronn, vgl. S. 329.

Die Urzeugungslehre Ernst Haeckels.

Wenige Jahre, nachdem die Urzeugungslehre durch Pasteur anscheinend experimentell widerlegt worden war, begründete Haeckel in einsichtigster Weise eine neue, gestützt auf die Überzeugung von der Einheit und Selbstgesetzlichkeit der Natur und von der Allgültigkeit des Entwicklungsgesetzes. Es geschah 1866 in seiner „Generellen Morphologie der Organismen"[18]). Haeckel beschränkt zunächst das Urzeugungsproblem auf die denkbar einfachsten Formen des Lebens und auf ihre Entstehung aus unorganischer Materie. Er vergleicht sorgfältig die organischen und anorganischen Stoffe, Formen und Kräfte, und findet keinen Unterschied, der zu einer prinzipiellen Trennung beider führen müßte[19]). Die fundamentale Konstitution der Materie, ihre Zusammensetzung aus Atomen, ist in sämtlichen Naturkörpern, leblosen wie belebten, dieselbe. Die gleichen Atom-Arten, welche den Körper der Organismen zusammensetzen, kommen auch in der anorganischen Natur vor. Es gibt kein besonderes „Lebens-Element", also auch, da Kraft und Stoff nicht voneinander zu trennen sind, keine elementare „Lebenskraft". Auch die Verbindung der Elemente zu komplizierteren Stoffen erfolgt in den Organismen in derselben Weise und nach denselben Gesetzen wie in der anorganischen Welt. Die Eigenartigkeit und Kompliziertheit vieler organischer Verbindungen begründet ebensowenig einen prinzipiellen Unterschied. Gibt es nicht auch eigenartige und sehr komplizierte anorganische Verbindungen? Die einzige Ursache aller (sekundären) Eigentümlichkeiten, welche die sogenannten organischen Verbindungen von den anorganischen unterscheiden, ist die chemische und physikalische Natur des Kohlenstoffs, vor allem seine in ihrer Art einzige Fähigkeit, mit andern Elementen höchst komplizierte Verbindungen einzugehen.

[18]) I. Bd. 2. Buch: Allgemeine Untersuchungen über die Natur und erste Entstehung der Organismen, ihr Verhältnis zu den Anorganen und ihre Einteilung in Tiere und Pflanzen. — [19]) Ludwig Rhumbler, der sich seit 1894 in eingehender und kritischer Weise mit der physikalischen Analyse der Lebenserscheinungen befaßt hat, kommt nach zwanzigjährigen Studien, Experimenten und Überlegungen zu dem Schluß: „Die physikalischen Gesetze der lebenden Substanz erscheinen von denjenigen der anorganischen ebensowenig prinzipiell verschieden als die chemischen, die Unterschiede zwischen organischer und anorganischer Substanz sind auch auf dem physikalischen Gebiete nicht grundsätzliche, sondern komplikatorische" (Das Protoplasma als physikalisches System. Ergebnisse der Physiologie XIV, 1914, S. 486 f.). Vgl. auch S. Leduc, Das Leben in seinem physikalisch-chemischen Zusammenhang. Deutsch von A. Gradenwitz, 1912; Die synthetische Biologie, 1914.

Großes Gewicht legte man früher darauf, daß diese charakteristischen Kohlenstoff-Verbindungen sich ausschließlich nur in den Organismen „unter dem Einfluß des Lebens" bilden könnten, und daß niemals dergleichen durch Kombination einfacher Verbindungen in unseren Laboratorien herzustellen seien. Zuerst wurde dieses Dogma 1828 von Friedrich Wöhler widerlegt, der auf rein künstlichem Wege Harnstoff aus den „anorganischen" Elementen (aus Cyan- und Ammoniak-Verbindungen) herstellte. In neuester Zeit, sagt Haeckel 1866, hat man jedoch in dieser Beziehung so weite Fortschritte gemacht, und so viele „rein organische" Kohlenstoff-Verbindungen, Alkohol, Essigsäure, Ameisensäure usw. auf „rein anorganischem" Wege künstlich hergestellt, daß bald nur noch die höchststehende und komplizierteste Gruppe der Eiweißkörper dieser künstlichen Synthese Schwierigkeiten in den Weg legen wird, Schwierigkeiten, welche die weiteren Fortschritte der Chemie zweifelsohne überwinden werden[20]). Schon heute (1866) dürfen wir also sagen, daß ein sehr großer Teil der komplizierteren Kohlenstoff-Verbindungen nicht ausschließlich im Organismus entsteht, sondern ebenso auch künstlich, mit Ausschluß jeder Lebenstätigkeit, in unseren Laboratorien dargestellt werden kann, gleich den einfachsten anorganischen Verbindungen. Dieses Resultat ist aber deshalb von äußerster Wichtigkeit, weil daraus hervorgeht, daß auch in der Natur, unter ähnlichen Bedingungen, wie wir sie in unseren Laboratorien künstlich herstellen, unbelebte anorganische Materien zur Bildung lebensfähiger organischer Stoffe zusammentreten können, eine Möglichkeit, welche für die Theorie der Urzeugung die unentbehrliche Grundlage ist.

Den Akt der Autogonie, der ersten „spontanen", d. h. kausalmechanischen Entstehung einfachster Organismen denkt sich Haeckel 1866 ganz ähnlich wie den Akt der Kristallisation. Er denkt dabei an Theodor Schwanns Theorie von der Entstehung der Zellen (vgl. S. 366). In einer Flüssigkeit, welche die nötigen chemischen Elemente enthält, bilden sich infolge bestimmter Bewegungen der verschiedenen Moleküle gegeneinander bestimmte Anziehungsmittelpunkte, in denen Atome der organogenen Elemente Kohlenstoff, Wasserstoff, Sauerstoff und

[20]) Auch diese Prophezeiung ist eingetroffen. Seit 1899 ist es Emil Fischer mit steigendem Erfolg gelungen, einfachste Eiweißstoffe auf synthetischem Wege herzustellen (Untersuchungen über Aminosäuren, Peptide und Proteïne, 1906; ferner E. Fischer und E. Abderhalden, Zeitschrift für physiologische Chemie, Bd. 39, 46 und 51).

Stickstoff in so innige Berührung miteinander treten, daß sie sich zur Bildung komplexer Moleküle vereinigen. Diese erste organische Atom-Gruppe — vielleicht ein Eiweiß-Molekül — wirkt gleich einem Keimkristall anziehend auf die gleichartigen Atome, welche in der umgebenden Mutterlauge gelöst sind, und welche nun gleichfalls zur Bildung gleicher Moleküle zusammentreten. Dadurch wächst das Eiweißkörnchen und gestaltet sich zu einem homogenen organischen Individuum, einem strukturlosen „Moner". Die Individualisierung (Singulation, wie es Haeckel 1917 nennt) der komplexen Kohlenstoff-Verbindung führt Haeckel darauf zurück, daß die Kohäsion ihrer imbibitionsfähigen Substanz das Wachstum durch Assimilation gleicher Substanz (Ernährung) nur bis zu einer gewissen Grenze gestattete. Sobald diese Grenze überschritten wurde, bildeten sich in der durch ein Attraktions-Zentrum zusammengehaltenen lebendigen Masse zwei oder mehrere Attraktions-Zentren, welche nun die Ursache zum Zerfall des einen Individuums in mehrere, zur Fortpflanzung wurde.

Viele Generationen von Moneren mögen so Jahrtausende lang das Urmeer bevölkert haben, ehe die Differenzierung der äußeren Lebensbedingungen auch eine Differenzierung ihres eigenen gleichartigen Eiweiß-Leibes herbeiführte. Indem der Erblichkeit des Wesens, welche durch die unmittelbare Kontinuität der Materie von elterlichem und kindlichem Urorganismus bedingt wurde, die Einwirkung der äußeren Umgebung als Anpassung entgegenwirkte, indem das Moner in Laufe von Generationen sich demgemäß wirklich anpaßte und differenzierte, z. B. eine feste Hülle bildete, im Innern sich als Kern konsolidierte, wurde es entwicklungsfähig. Nachdem erst einmal durch Differenzierung von Plasma und Kern aus dem Moner eine Zelle geworden, war damit zugleich die Möglichkeit der organischen Entwicklung zu den unendlich mannigfachen Formen der Tier- und Pflanzenwelt gegeben.

Jede irgendwie ins einzelne gehende Darstellung der Autogonie lehnt Haeckel ab, „weil wir uns durchaus keine irgendwie befriedigende Vorstellung von dem ganz eigentümlichen Zustand machen können, den unsere Erdoberfläche zur Zeit der ersten Entstehung der Organismen darbot."

Später[21]) unterschied Haeckel in dem „hypothetischen Prozeß der Archigonie" folgende fünf Stufen:

---

[21]) Systematische Phylogenie I, 1894, S. 35: Archigonie oder Urzeugung.

1. Durch Synthese und Reduktion entstehen aus einfachen und festen anorganischen Verbindungen (Wasser, Kohlensäure) stickstoffhaltige Kohlenstoff-Verbindungen.

2. Die Molekeln dieser Nitro-Carbonate erhalten diejenige Zusammensetzung, welche für die Albumin-Körper (im weiteren Sinn) charakteristisch ist.

3. Die Albumin-Molekeln, von Wasserhüllen umgeben, treten zur Lösung von kristallinischen Molekelgruppen zusammen: Pleonen oder Micelle.

4. Die kristallinischen Eiweiß-Micelle (als mikroskopisch noch unsichtbare Molekülgruppen) treten zu Aggregaten zusammen, ordnen sich in denselben gesetzmäßig, und bilden so homogene (mikroskopisch sichtbare) Plasmakörner: Plassonellen oder Plassogranellen.

5. Indem die wachsenden Plassonellen sich durch Teilung vermehren und die Teilprodukte vereinigt bleiben, entstehen größere individuelle Plasmakörper von homogener Beschaffenheit: Moneren.

In den „Lebenswundern“ (1904) fügt er noch hinzu:

6. Infolge von Oberflächenspannung oder auch chemischer Differenzierung bildete sich eine Differenz von festerer Rindenschicht und weicherer Markschicht, wie bei vielen Chromaceen.

7. Erst später entstanden aus solchen kernlosen Cytoden die einfachsten Zellen, indem sich die Erbmasse des Plasma im Innern der Moneren versammelte und zu einem festen Kern verdichtete.

Pflügers Cyan-Hypothese.

Im Jahre 1875 entwickelte der Physiologe Eduard Pflüger seine Cyan-Hypothese[22]). Für ihn liegt der Anfang des Lebens im Cyan, das in den charakteristischen Zersetzungsprodukten des lebendigen Eiweißes zu finden ist. Die Annahme, daß gerade das Cyan es sei, das dem Lebensstoff, dem Plasma, seine charakteristischen Eigenschaften verleiht, findet Pflüger weiterhin durch viele Ähnlichkeiten gestützt, die zwischen den Cyan-Verbindungen, besonders der Cyansäure (CNOH)

---

[22]) Über die physiologische Verbrennung in den lebendigen Organismen. Pflügers Archiv X, 1875. W. Wundt (Logik II, 3. A. 1907, S. 617) gibt an, daß er eine ähnliche Hypothese schon in den verschiedenen Auflagen seines Lehrbuchs der Physiologie entwickelt habe (3. A. 1873, S. 169); „dann ist auch Pflüger durch seine Betrachtungen über das Wesen der Lebensvorgänge auf sie geführt worden.“

und dem lebendigen Eiweiß bestehen. Beide sind bei niederer Temperatur durchsichtig und flüssig, während sie bei höherer gerinnen. Beide zersetzen sich bei Anwesenheit von Wasser von selbst in Kohlensäure und Ammoniak. Beide liefern durch Dissoziation (durch intramolekulare Umlagerung der Atome, nicht durch direkte Oxydation) Harnstoff. Beide Substanzen wachsen auch in gleicher Weise durch Atomverkettung, indem sich gleichartige Atomgruppen zu großen Massen kettenartig verbinden. „Die Ähnlichkeit beider Substanzen ist so groß, daß ich, sagt Pflüger, die Cyansäure als ein halblebendiges Molekül bezeichnen möchte".

Cyan und seine Verbindungen entstehen aber nur in der Glühhitze. Auch die andern wesentlichen Konstituenten des Eiweißes, Kohlenwasserstoff, Alkoholradikale usw. entstehen synthetisch in der Hitze. Alle Tatsachen der Chemie weisen uns auf das Feuer hin, als die Kraft, welche die Konstituenten des Eiweißes durch Synthese erzeugt hat. Das Leben muß also, schließt Pflüger, in seinen Grundbedingungen schon angelegt worden sein, als die Erde noch ein glühender Feuerball war. „Erwägt man nun die unermeßlich langen Zeiträume, in denen sich die Abkühlung der Erdoberfläche unendlich langsam vollzog, so hatten das Cyan und die Verbindungen, die Cyan- und Kohlenwasserstoffe enthielten, alle Zeit und Gelegenheit, ihrer großen Neigung zur Umsetzung und Bildung von Polymerien in ausgedehntester Weise zu folgen und unter Mitwirkung des Sauerstoffes und später des Wassers und der Salze in jenes selbstzersetzliche Eiweiß überzugehen, das lebendige Materie ist."

Die Kosmozoen-Hypothese.

Der Alternative: Erschaffung des Lebens oder Urzeugung suchte der Dresdener Arzt H. E. Richter[23]) auszuweichen, durch seine Hypothese von den „Mikrozoen des Weltraums", wie er sie selbst, oder von den „Kosmozoen", wie sie Preyer genannt hat. Richter hält das Dasein des organischen Lebens im Weltraum für ewig. Es habe immer bestanden und in unaufhörlicher Folge sich selbst fortgepflanzt, und zwar in organisierter Form, nicht als mysteriöser Urschleim, sondern in Gestalt lebender Organismen, als Zellen oder aus Zellen zusammen-

---

[23]) Zur Darwinschen Lehre. Schmidts Jahrbücher der ges. Medizin, Bd. 126, 1865, S. 243; Bd. 148, 1870, S. 60; Bd. 151, 1871, S. 321.

gesetzten Individuen. Omne vivum ab aeternitate e cellula! Damit erledigt sich in sehr einfacher Weise die Frage, wie die ersten Organismen in die Welt gekommen seien. — Da es deren immerdar irgendwo in der Welt gegeben hat, so fragt sichs bloß: Wie sind sie zuerst auf diesen oder jenen Weltkörper gelangt? Richter antwortet: Diese sind gleichsam aus dem Weltraum mit Leben infiziert worden.

Bei dem raschen Dahinfliegen des Erdballs, so folgert Richter, wird ein Teil der Erdatmosphäre durch den Widerstand der „Weltluft", des Welt- oder Lichtäthers fortwährend abgestreift und in den Weltraum hinausgeführt, so daß der Erdball gleichsam einen Schweif verunreinigter Luft hinter sich herschleppt. Darin befinden sich nicht nur Gase, sondern auch Staub von mineralischem und organischem Ursprung, unter letzterem zu verstehen die Sporen, Keime, Hefezellen und Samen vieler Pflanzen, die Eier, Brut und Larven vieler kleinerer oder ganz mikroskopischer Tiere Diese Lebensträger schweben im Weltraum umher, fallen gelegentlich auf einen andern Weltkörper nieder und werden auf ihm, falls er die geeigneten Lebensbedingungen darbietet, die Träger neuer Lebensentwicklungen. Ein anderes Transportmittel von Lebenskeimen sind nach Richter die Meteoriten.

Anscheinend unabhängig von Richter kam auch der englische Physiker William Thomson, der spätere Lord Kelvin, auf den Gedanken, daß unsere Erde ihr Leben durch bewachsene Bruchstücke von den Ruinen einer anderen Welt erhalten haben könne[24]). In demselben Jahre 1871 sprach auch Hermann Helmholtz in seinem Vortrag „über die Entstehung des Planetensystems" ähnliche Gedanken aus, wahrscheinlich angeregt durch Richter. Der Physiker und Astronom Zoellner kritisierte die Meteoritenhypothese in seinem Buch „Über die Natur der Kometen" (1872). Wenn, sagt er, jener mit Organismen bedeckte Meteorstein auch beim Zertrümmern seines Mutterkörpers mit heiler Haut davongekommen wäre, und nicht an der allgemeinen Temperaturerhöhung teilgenommen hätte, so müßte er doch notwendig erst die Erdatmosphäre passiert haben, ehe er sich seiner Organismen zur Bevölkerung der Erde entledigen konnte. Dabei aber würde er so sehr erhitzt werden, daß alle lebenden Keime vernichtet würden. Helmholtz mißt Zoellners Gegengründen wenig Ge-

[24]) Eröffnungsrede zur britischen Naturforscher-Versammlung zu Edinburg 1871 (Der Naturforscher Nr. 37, 1871).

wicht bei[25]). „Wir wissen, sagt er, aus häufig wiederholten Beobachtungen, daß die größeren Meteorsteine bei ihrem Fall durch die Atmosphäre sich nur in ihrer äußersten Schicht erhitzen, im Innern aber kalt oder sogar sehr kalt bleiben. Alle Keime also, die etwa in Spalten derselben steckten, wären vor Verbrennung in der Erdatmosphäre geschützt. Die oberflächlich gelagerten würden aber doch wohl, wenn sie in die allerhöchsten und dünnsten Schichten der Erdatmosphäre geraten, längst durch den gewaltigen Luftzug herabgeblasen sein, ehe der Stein in dichtere Teile der Gasmasse gelangt, wo die Kompression groß genug wird, um merkliche Wärme zu erzeugen ... Ich kann nicht dagegen rechten, wenn jemand diese Hypothese für unwahrscheinlich im höchsten oder allerhöchsten Grade halten will. Aber es erscheint mir ein vollkommen richtiges wissenschaftliches Verfahren zu sein, wenn alle unsere Bemühungen scheitern, Organismen aus lebloser Substanz sich erzeugen zu lassen, daß wir fragen, ob überhaupt das Leben je entstanden, ob es nicht ebenso alt wie die Materie sei.“ Svante Arrhenius griff 1907 die Kosmozoenhypothese wieder auf. Der Transport der Keime durch den Weltraum kann nach seiner Auffassung durch den Strahlungsdruck bewirkt werden[26]).

Wahrscheinlich mit Bezug auf Helmholtz erklärte der scharfsinnige Botaniker Carl von Nägeli (1884): „Die Entstehung des Organischen aus dem Unorganischen ist in erster Linie nicht eine Frage der Erfahrung und des Experiments, sondern eine aus dem Gesetze der Erhaltung von Kraft und Stoff folgende Tatsache. Wenn in der materiellen Welt alles in ursächlichem Zusammenhang steht, wenn alle Erscheinungen auf natürlichem Wege vor sich gehen, so müssen auch die Organismen, die aus den nämlichen Stoffen sich aufbauen und schließlich wieder in dieselben Stoffe zerfallen, aus denen die unorganische Natur besteht, in ihren Uranfängen aus unorganischen Verbindungen entspringen. Die Urzeugung leugnen heißt das Wunder verkünden“[27]).

Ähnlich hatte schon Rudolf Virchow in seiner Rede „über die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat“ (1877) erklärt: „Ich

[25]) Vorrede zum 2. Teil der deutschen Übersetzung des Handbuchs der theoretischen Physik von W. Thomson u. P. G. Tait. — [26]) Das Werden der Welten, 1907. — [27]) C. v. Nägeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, 1884, S. 83. Nägeli hatte die Urzeugungslehre schon 1857 in seinem Werk über die Stärkekörner, und 1865 in seiner Abhandlung über „Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art“ (Anm. 2, S. 39) in ähnlichem Sinne erörtert.

gestehe zu, daß, wenn man sich eine Vorstellung machen will, wie das erste organische Wesen von selbst hätte entstehen können, nichts weiter übrig bleibt, als auf Urzeugung zurückzugehen. Das ist klar: wenn ich eine Schöpfungslehre nicht annehmen will, wenn ich nicht glauben will, daß es einen besonderen Schöpfer gegeben hat, der den Erdklos genommen und ihm den Odem eingeblasen hat, wenn ich mir einen Vers machen will auf meine Weise, so muß ich ihn machen im Sinne der Generatio aequivoca. Tertium non datur".

Die große Gefahr, welche Organismen auf einer Wanderung von einem Weltkörper auf einen andern bedroht, sieht Nägeli nicht in extremen Temperaturen, selbst nicht in der großen Kälte des Weltraums, obgleich wir über die Wirkung der letzteren nichts wissen, sondern in dem völligen Austrocknen, wovor sie im luftleeren Raume nicht bewahrt werden können. „Die widerstandsfähigsten Organismen, die wir kennen, die Spaltpilze, welche die feuchte Siedhitze ertragen, gehen durch längeres scharfes Austrocknen zu Grunde, und ich bin überzeugt, daß selbst ihre Sporen nach einem nicht sehr langen Aufenthalt in dem Vakuum des Weltraumes, wo sie ihren Wassergehalt vollständig verlieren würden, leblos auf der Erde anlangten ... Sollte aber gleichwohl die organische Welt unserer Erde aus dem Weltraum eingewandert sein, so wäre damit die Notwendigkeit der Annahme einer spontanen Entstehung nicht beseitigt, sondern nur in andere Zeiten und Räume verlegt ... Was wir sicher wissen — daß das Unorganische in den Organismen zu organischer Substanz wird, und daß die organische Substanz wieder vollständig in anorganische Verbindungen zurückverwandelt — genügt, um vermöge des Kausalgesetzes die spontane Entstehung der organischen Natur aus der unorganischen Natur abzuleiten." Auch der Physiologe Max Verworn lehnt die Kosmozoen-Hypothese ab. Er sagt mit Recht: „Wenn man die chemische Verbindung des Eiweißes für ewig erklärt, so ist es nur konsequent, auch andere Verbindungen der Erde für ewig zu erklären und von anderen Weltkörpern auf die Erde getragen. Aber eben so gut sich diese auf der Erde gebildet haben, so können sich auch die Eiweißkörper gebildet haben. Negative Experimental-Ergebnisse sprechen nicht absolut gegen eine Urzeugung"[28]).

Nägeli ist der Überzeugung, daß auch jetzt noch Urzeugung überall stattfindet, wo die Verhältnisse die nämlichen sind wie in der Urzeit

---

[28]) M. Verworn, Allgemeine Physiologie. 5. A. 1915, S. 369.

Die Wesen, die einer spontanen Entstehung fähig sind, müssen eine noch einfachere Beschaffenheit haben als die niedrigsten Organismen, welche uns das Mikroskop zeigt. Darin liegt zugleich auch der Grund, daß sie noch nicht entdeckt sind. Der Einwurf, daß spontane Eiweißbildung nicht beobachtet sei, hätte nur dann einigen Wert, wenn zugleich wahrscheinlich gemacht wäre, daß ihr Vorhandensein nicht verborgen bleiben könnte. — Wahrscheinlich geschieht sie nicht in einer freien Wassermasse, sondern in der benetzten oberflächlichen Schicht einer fein porösen Substanz (Lehm, Sand), wo die Molekularkräfte der festen, flüssigen und gasförmigen Körper zusammenwirken. Wahrscheinlich wird ferner die Eiweißbildung durch einen bestimmten Wärmegrad begünstigt, so daß sie in der Urzeit nach Abkühlung der Erdoberfläche auf Brutwärme an zahlreichen Stellen, in unserer Zeit aber wohl noch da und dort in wärmeren Klimaten, sowie in der wärmeren Jahreszeit kälterer Gebiete geschehen kann.

Wilhelm Preyer.

Auch den Physiologen Wilhelm Preyer führten die negativen Ergebnisse der Urzeugungs-Experimente dazu, eine andere Lösung auf die Frage nach der Herkunft des Lebens auf der Erde zu suchen[29]). Er kehrt die Urzeugungsfrage um, indem er die Frage aufwirft: ob nicht etwa die nicht organisierten Körper aus lebenden organisierten hervorgegangen seien. Der einzige Unterschied zwischen lebenden Organismen und unorganischen Naturkörpern bestehe darin, daß die anorganischen Körper in der allerverschiedensten Weise entstehen, alle lebenden Wesen aber nur von andern lebenden Wesen abstammen, d. h. eine Entwicklung durchmachen. Diese Entwicklung, meint Preyer, darf folgerichtig an keiner Stelle unterbrochen gedacht werden. Sie führt zurück bis zum glühendflüssigen Erdball, dessen verwickelte Bewegungsgesamtheit als Lebenstätigkeit anerkannt werden muß. Von diesem durch und durch lebendigen Erdball wurden zuerst alle diejenigen anorganischen Körper ausgeschieden, welche wir jetzt als tote in und auf der Erde finden, ohne Spuren von tierischem und pflanzlichem Leben in und an ihnen zu entdecken, also namentlich die schweren Metalle. Diese, einst auch organische Elemente, schmolzen nicht mehr, gingen nicht wieder in den Kreislauf zurück, der sie ausgeschieden

[92]) W. Preyer, Die Hypothesen über den Ursprung des Lebens. Naturwissenschaftl. Tatsachen und Probleme, 1880, S. 32.

hatte. „Sie sind die Zeichen der Totenstarre vorzeitiger gigantischer glühender Organismen, deren Atem vielleicht leuchtender Eisendampf, deren Blut flüssiges Metall, und deren Nahrung vielleicht Meteoriten waren."

Erst nach und nach, als verschiedene Kombinationen im Laufe der Zeit an der Oberfläche der Erdkugel erstarrten, d. h. starben und ausstarben, kamen Verbindungen der bis dahin noch gasig und tropfbar-flüssig gebliebenen Elemente zustande, die dem Protoplasma, der Basis des Lebendigen unserer Tage, immer ähnlicher wurden. Immer kompliziertere Verbindungen, chemische Substitutionen, immer dichtere Körper, immer mehr verwickelte, ineinandergreifende Bewegungen sich näher aneinander lagernder Teile mußten mit der Temperaturabnahme und Verminderung der Dissoziationen eintreten, und hierbei erst konnten die durch die fortschreitende Differenzierung möglichen, sich gleichenden Anfangsformen des Pflanzen- und Tierreichs von Dauer sein.

„Wir sagen also nicht, so faßt Preyer seine Meinung zusammen, daß das Protoplasma als solches von Anfang der Erdbildung an da war, auch nicht, daß es als solches anfangslos anderswoher von außen aus dem Weltraum auf die abgekühlte Erde einwanderte, noch weniger, daß es sich aus anorganischen Körpern auf dem Planeten ohne Leben zusammengesetzt habe, wie es der Urzeugungsglaube will, sondern wir behaupten, daß die anfanglose Bewegung im Weltall Leben ist, daß das Protoplasma notwendig übrigbleiben mußte, nachdem durch die intensive Lebenstätigkeit des glühenden Planeten an seiner sich abkühlenden Oberfläche die jetzt als anorganisch bezeichneten Körper ausgeschieden worden waren".

Die Stickstoff-Hypothese F. J. Allens.

Nicht im Kohlenstoff, wie Haeckel, sondern im Stickstoff sieht F. J. Allen das wesentliche Lebenselement[30]). Die Eigenschaften des Stickstoffs scheinen ihm den Schlüssel zu den Geheimnissen der Lebens-Chemie zu geben. Dem Stickstoff schulde die lebende Materie ihre Fähigkeit des Energie-Wechsels, ihre Variabilität, Jnstabilität, Labilität. Obgleich an und für sich verbindungsträge, geht er doch leicht Ver-

[30]) What is Life? Proceedings of the Birmingham Natural History and Philosophical Society, vol. XI, part I, 1899.

bindungen ein, wenn kinetische Energie zugeführt wird. Verbindungen des Stickstoffs mit Sauerstoff und Wasserstoff erfolgen z. B. bei elektrischen Entladungen in der Atmosphäre. Die Empfindlichkeit des Stickstoffs und seine Neigung zur Änderung seiner Verbindungen und seiner Energie, scheint von gewissen Temperatur- und Druckverhältnissen usw. abzuhängen, und die gegenwärtig herrschenden Verhältnisse scheinen diese Empfindlichkeit und Neigung zu begünstigen. Eben deswegen ist der Anfang des Lebens in eine Periode zu setzen, in welcher die physikalischen Bedingungen auf der Erde den gegenwärtigen ähnlich waren. Damals mögen Blitze in der dunstigen Atmosphäre Ammoniak und Oxyde des Stickstoffs erzeugt haben, die durch den Regen in die Flüsse und Wasseransammlungen gespült wurden. Bei längerer Dauer dieses Prozesses müssen sich Stickstoffverbindungen in den irdischen Gewässern angehäuft haben, während die Atmosphäre an Stickstoff und Sauerstoff ärmer wurde. Wahrscheinlich enthielten damals die Gewässer auch mehr Kohlensäure als jetzt, denn seitdem ist der Luft und dem Wasser viel Kohlensäure entzogen und in organischer Materie aufgespeichert worden. Ebenso waren in den Gewässern die gewöhnlichen Metalle vorhanden, in Form von Chloriden, Sulphaten, Phosphaten usw.

So kam ein Überfluß von Rohmaterialien zusammen, wie es für die Erzeugung von lebender Materie nötig war. Nehmen wir an, daß der Übergang von träger zu lebendiger Materie zu allen Zeiten durch dieselben Reaktionen erfolgte wie in der Gegenwart, so muß die Sonnenenergie in jenen Rohmaterialien Dissoziation und Neuordnungen bewirkt haben. Der Stickstoff löste Sauerstoff aus seinen Verbindungen mit Kohlenstoff, Wasserstoff, Schwefel und anderen Elementen und gab ihn an die Atmosphäre ab. Vielleicht hat dabei das Eisen eine Rolle gespielt als Überträger des Sauerstoffs. Auf diese Weise häuften sich im Wasser oder in der feuchten Erde Stickstoff-, Kohlenstoff- und andere Verbindungen an, und die Labilität des Stickstoffs ermöglichte weitere Reaktionen. Leben in diesem Stadium muß von der einfachsten Art gewesen sein; wir würden es kaum als Leben erkennen. Es gab keine bestimmten Organismen, sondern nur diffuse Substanzen. Zwischen diesem Stadium und der Entwicklung von Zellen mag eine immens lange Zeit liegen, und diese Zeit mag manche Zwischenstadien gesehen haben. Die Entwicklung der Zelle bezeichnet die wichtigste Epoche in der Geschichte des Lebens.

Urzeugung und Selektions-Theorie.

Wilhelm Roux übertrug das Selektionsprinzip auf die Urzeugungslehre[31]). Er glaubt, daß zur Bildung der niedersten Lebensstufe schon ein langes Vorgeschehen mit einigen wohl charakterisierten qualitativen Zwischenstufen und sehr vielen kleinen graduellen Zwischenstufen von allmählich gesteigerter Selbsterhaltungsfähigkeit nötig war, speziell, daß die Grundfunktionen des Lebens zum Teil sukzessiv aufgetreten sind und in langsamer Züchtung von zufälligen Variationen zu größerer Mannigfaltigkeit und größerer Vollkommenheit der Selbsterhaltungsleistung des Gebildes verbessert worden sind. Er nennt diese Hypothese „die Entstehung des Lebens durch sukzessive Züchtung der Grundfunktionen", nämlich der Ernährung, der Assimilation, der Dissimilation und des Wachstums, sodann der Bewegung, und endlich der Teilung oder Fortpflanzung, wozu bei den höheren Lebewesen noch die Gestaltung kommt.

Auch Weismann[32]) spricht die Vermutung aus, daß zur Zeit der ersten Entstehung des Lebens die Bedingungen zu vielerlei komplizierteren chemischen Verbindungen vorhanden gewesen seien, und daß von einer Mannigfaltigkeit solcher Substanzen nur diejenigen Bestand hatten, welche gerade jene wunderbare Zusammensetzung besaßen, die ihre fortwährende Verbrennung, aber auch ihren ununterbrochenen Wiederaufbau durch Vermehrung bedingte. Nicht irgend ein bekannter Organismus, auch nicht ein Moner, könne durch Urzeugung entstanden sein, weil sie eine Anlagensubstanz enthalten, die nur historischen Ursprungs sein kann, und die deshalb niemals plötzlich, nach Art einer chemischen Verbindung entstanden sein kann. Nur die letzten Lebenseinheiten, die Weismann „Biophoriden" nennt, können direkt entstanden sein. Diese sind nicht wieder aus lebendigen Teilchen zusammengesetzt, sondern nur aus Molekülen, deren chemische Konstitution, Kombination und Zusammenordnung eben eine solche ist, daß daraus die Erscheinungen des Lebens hervorgehen. „Wir werden also annehmen müssen, daß zu irgend einer Zeit der Erdgeschichte die zur Bildung unsichtbar kleiner Biophoren nötigen Bedingungen vorhanden gewesen sind, und daß die ganze folgende Entwicklung der Organismenwelt auf einer Summierung dieser Biophoriden zu größeren

[31]) Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik I, 1905. — [32]) Vorträge über Deszendenztheorie II, 1902, S. 410.

Komplexen und auf ihren Differenzierungen innerhalb dieser Komplexe beruht habe." Die einzelne Biophoride gab ihre Selbständigkeit auf und wurde als Biophore zu einem bestimmt differenzierten Teil einer höheren Einheit. Die hypothetische kernlose Monere Haeckels ist nach Weismanns Auffassung eine Biophoren-Kolonie, aus der durch Bildung eines differenzierten Kernes die Zelle hervorgeht.

Kristalle und Moneren.

In seiner „Generellen Morphologie" (1866) hatte Ernst Haeckel die Kristalle als die höchst entwickelten anorganischen Individuen den organischen Individuen niedersten Grades vergleichend gegenüber gestellt. Er bemerkt, daß die Kristalle wie die Organismen eine innere Struktur besitzen, die auf verschiedener Lagerung und Verbindungsweise der Moleküle beruht, daß sie also nicht in jeder Hinsicht als homogen anzusprechen sind. Andererseits seien auch die einfachsten und unvollkommensten Organismen, die Moneren, so vollkommen homogen wie die Kristalle, morphologisch aber insofern noch unvollkommener, als ihre konstituierenden Moleküle nach allen Richtungen hin frei verschiebbar seien. „Wenn wir die Zusammensetzung des Körpers aus verschiedenartigen Teilen als Hauptcharakter der Organismen hervorheben wollten, so würde die Kluft zwischen jenen einfachen lebenden Plasmaklumpen (den Moneren) und den höheren, aus Organen zusammengesetzten Organismen viel größer erscheinen, als die Kluft zwischen den ersteren einerseits und den Kristallen andererseits" (I, 136).

Als Haeckel seinen Vergleich anstellte, kannte man nur feste Kristalle, die von ebenen Flächen begrenzt sind, welche sich unter bestimmten, für die betreffende Substanz charakteristischen Winkeln schneiden. Diese Kristalle bilden sich in Lösungen oder in Schmelzen, aber auch in amorphen glasartigen Massen; entweder spontan durch „kristallinische Urzeugung" (R. Marc 1914), oder nach Einführung eines „Kristall-Keimes" in die Lösung oder Schmelze[33]). Das Wachstum des eingeführten oder durch Urzeugung entstandenen Keimes erfolgt bei diesen festen Kristallen durch „Anlagerung", Apposition;

---

[33]) Vgl. R. Marc, Kristallisation. Handwörterbuch der Naturwissenschaften V, 1914, S. 1122.

die Kristall-Substanz der Lösung oder Schmelze lagert sich von außen an den Kristall-Keim, ohne daß dessen Form und Symmetrie-Verhältnisse geändert werden. Im Gegensatz dazu wachsen die Organismen durch „Intussusception“, durch Aufnahme ihrer „Nahrung“ in das Innere ihrer Substanz. Doch gibt es auch bei den Organismen ein Wachstum durch Anlagerung.

Man nimmt vielfach an, die Kristallbildung sei ein sozusagen zeitloser Akt; man sagt, um das Plötzliche dieses Vorgangs zu bezeichnen, die Kristalle „schießen an“. Allein schon das „Umstehen“ amorpher, glasartiger Massen, ihre sehr langsame Umwandlung in kristallinische Körper, hatte die Kristallisation als einen Zeit beanspruchenden Vorgang erkennen lassen. Noch deutlicher wurde dies eingesehen, als Hermann Vogelsang (1838—1874) die Kristallisation unter dem Mikroskop beobachtete und das Lösungsmittel mit dem zähflüssigen Kanadabalsam vermischte. Die Kristallbildung wurde dadurch so verlangsamt, daß Vogelsang die Ontogenie der Kristalle des Schwefels und des kohlensauren Kalkes Schritt für Schritt beobachten konnte[34]). Zuerst entstehen „Globulite“, kleine kugelförmige Gebilde; diese reihen sich zu Schnüren aneinander und bilden „Margarite“. Die „Margarite“ werden zu „Longuliten“, länglichen Gebilden, aus denen sich weiterhin feine Kristallnadeln und endlich regelrechte Kristalle entwickeln. Die Kristallbildung kann unter Umständen auf einer dieser Stufen stehen bleiben.

Globuliten, Margariten und Longuliten gibt es auch unter den einfachsten Organismen, den Bakterien und Algen. Der Chroococcus unter den blaugrünen Algen ist ein typischer Globulit, eine einfache strukturlose Plasmakugel ohne jede Organisation. Ebenso der Micrococcus unter den Bakterien. Andere Bakterien und Algen zeigen die Margariten- und Longulitenform; sie entstehen immer aus einem Globulitenähnlichen Anfangs-Stadium, aber nicht durch Aneinanderreihung getrennter Individuen, sondern durch fortgesetzte Zweiteilung oder Sprossung, die aber im Grunde genommen nichts anderes ist als eine gehemmte Entzweiung.

Eine weitere Analogie zu den Organismen lassen die Kristalle in ihrer Regenerations-Fähigkeit erkennen. Verletzte Kristalle heilen ihre „Wunden“, indem sie die verloren gegangenen Teile, etwa

[34]) H. Vogelsang, Die Kristalliten, 1875.

eine abgebrochene Ecke, auf Kosten des übrigen Kristallkörpers ihren Winkelgesetzen entsprechend ersetzen[35]).

Von größter Bedeutung war jedoch die Entdeckung der „flüssigen Kristalle“ durch den Karlsruher Physiker Otto Lehmann[36]). Diese merkwürdigen Gebilde, die durchaus als Kristalle charakterisiert sind, bewahren trotz ihres mehr oder weniger zähflüssigen Aggregat-Zustandes eine bestimmte Form (Kugel oder Polyeder). Wird ein solcher Kristall deformiert, so nimmt er, sich selbst überlassen, seine frühere Form wieder an. Manche dieser flüssigen Kristalle haben das Vermögen, zu kopulieren und Bastard-Kristalle zu bilden, sie wachsen durch Intussusception, vermehren sich durch Teilung oder Knospenbildung und bewegen sich wie Lebewesen. „Ganz wie Bakterien können die Stäbchen oder Schlangen vorwärts oder rückwärts kriechen und sich gleichzeitig hin und herschlängeln, oder sich um ihre Achse drehen“ (Lehmann 1906). Die Analogien, die das Verhalten dieser Kristalle mit den Lebenserscheinungen niederster Organismen aufweisen, sind in der Tat so auffallend, daß die „scheinbar“ lebenden Kristalle leicht als wirklich lebende Gebilde aufgefaßt werden können, wie es Ernst Haeckel in seinen „Studien über das anorganische Leben“ (Kristallseelen, 1917) tut. Die „Lebens-Erscheinungen“ der Kristalle besprechend und mit denen der Moneren vergleichend, faßt Haeckel die Ergebnisse der „Kristall-Biologie“ in folgenden Sätzen zusammen:

1. Alle Kristalle, ebenso die festen Sterrokristalle wie die flüssigen Rheokristalle, sind lebendig, so lange sie wachsen und sich entwickeln — so lange, als sich die latente Gestaltungskraft ihrer Substanz (die potentielle Energie) in aktuelle Energie (oder „lebendige Kraft“) umsetzt.

2. Die molekularen Bewegungen und die damit verknüpften Fühlungen der kristallisierenden Substanz sind im Prinzip nicht verschieden von den entsprechenden „Lebens-Erscheinungen“ der niedersten Organismen, die man früher einer teleologischen „Lebenskraft“ zuschrieb.

[35]) Vgl. H. Przibram, Experimentelle Studien über Regeneration. Archiv für Entwicklungsmechanik, 11. und 13. Bd. 1901—1902; Formregulationen verletzter Kristalle. Zeitschrift für Kristallographie und Mineralogie, 39. Bd. 1904; Kristallanalogien zur Entwicklungsmechanik der Organismen. Archiv für Entwicklungsmechanik, 23. Bd. 1907. — [36]) O. Lehmann, Über fließende Kristalle. Zeitschrift für physikalische Chemie, 4. Bd. 1889; Flüssige Kristalle, 1904; Flüssige Kristalle und die Theorien des Lebens, 1906; Die neue Welt der flüssigen Kristalle, 1911.

3. Alle diese „Lebensakte“ (im weitesten Sinne), sowohl anorganische wie organische, sind auf die gleichen elementaren Gesetze der Physik und Chemie zurückzuführen, zuletzt auf das monistische Substanz-Gesetz.

4. Durch die unbefangene kritische Vergleichung der sphärischen Rheokristalle (Myelinkugeln) mit den einfachsten Probionten (Chroococcus) wird die traditionelle künstliche Scheidewand zwischen anorganischer und organischer Natur endgültig aufgehoben.

Das Biochemogenetische Grundgesetz.

Im Lichte des Biogenetischen Grundgesetzes betrachtet das Urzeugungsproblem J. Rülf[37]), indem er von der ontogenetischen Entstehung organischer Stoffe ausgeht, um daraus Schlüsse auf ihre phylogenetische Entstehung zu ziehen.

Das erste Assimilationsprodukt der Pflanze ist das Kohlenhydrat, nicht das Eiweiß, das den Betrachtungen über Urzeugung gewöhnlich zugrunde gelegt wird. Aus Kohlenhydrat und den stickstoffhaltigen Verbindungen, welche sie dem Erdboden entnimmt, baut die Pflanze das Eiweiß auf, aus welchem alle tierischen Organismen, sei es direkt als Pflanzenfresser, sei es indirekt, indem sie sich von pflanzenfressenden Tieren nähren, das Material für ihren Zellenaufbau beziehen. Wir werden annehmen dürfen, daß die Natur den Weg, den sie ontogenetisch noch heute zur Bildung des Eiweißes einschlägt, auch ursprünglich, phylogenetisch, eingeschlagen haben wird. Nun ist es Walter Löb gelungen, mit Hilfe der elektrischen Energie, und zwar in Form der sogenannten stillen Entladung, Kohlensäure und Wasser zur Synthese zu bringen[38]). Er gewann als erstes direktes Reaktionsprodukt der feuchten Kohlensäure den Formaldehyd, den schon von Baeyer (1870) hypothetisch als erstes Assimilationsprodukt der Pflanze bezeichnet hatte. Neben Formaldehyd entsteht unter der Einwirkung stiller elektrischer Entladungen aus Kohlenoxyd, Wasser und Wasserstoff Glykol-Aldehyd, der sehr leicht in Zucker übergeht.

---

[37]) Über das erste organische Assimilationsprodukt. Zeitschr. f. allgem. Physiologie VI, 1907, S. 493. Vgl. auch W. Loeb, Der Entwicklungsbegriff in der Chemie. Aus der Natur, 1908, S. 403 und 430. — Der Ausdruck „Biochemogenetisches Grundgesetz“ bei Rülf, S. 503. — [38]) Studien über die chemische Wirkung der stillen elektrischen Ladung. Zeitschr. f. Elektrochemie XII. 1907, S. 282.

Nun hatte schon Berthelot die Meinung ausgesprochen, daß die Luftelektrizität bei der Assimilation der Pflanze eine Rolle spiele. Vielleicht wird die Zerlegung der Kohlensäure, die durch bloße Einwirkung der Luftelektrizität sich in unmerklichem Grade vollzieht, durch die Gegenwart des Chlorophylls, des grünen Pflanzenfarbstoffs, und unter Einwirkung des Sonnenlichts, in außerordentlichem Maße beschleunigt. Jedenfalls ist mit den Versuchen Löbs der Weg gezeigt, den die Natur zur Bildung organischer Substanz einschlägt.

Wenn auch die elektrischen Spannungen, welche heute die Atmosphäre erfüllen, zur Zerlegung der Kohlensäure nicht hinreichen oder doch nur unter Mitwirkung des Chlorophylls als eines Katalysators, so dürfte es in früheren geologischen Erdperioden doch wohl anders gewesen sein. „Wir brauchen ja nur unseren Blick nach jenen blitzdurchzuckten Rauchwolken zu wenden, welche noch heute aus den Vulkanen bei erhöhter Tätigkeit aufsteigen, um uns eine Vorstellung von den enormen elektrischen Spannungen zu machen, welche in der Atmosphäre geherrscht haben müssen, in welcher die gesamte kaum erstarrte Rinde unseres Planeten den Anblick eines einzigen rauchenden Vulkans geboten haben mag. Solche Spannungen mußten allerdings völlig ausreichen, die Kohlensäure zu zerlegen, für welche eben dieselbe vulkanische Tätigkeit die ergiebigste, ursprünglich jedenfalls einzige Quelle darstellte. Setzen wir nun diesen Vorgang in eine Zeit, in welcher das Wasser in tropfbar flüssiger Form sich niederzuschlagen schon begonnen hatte, so haben wir auch sofort die Kohlensäure in jener Form, aus welcher es Löb gelang, mit Hilfe der Elektrizität den Formaldehyd als direktes Reaktionsprodukt zu gewinnen.“

Dieselbe Energieform, welche die Kohlenhydrat-Synthese aus Kohlensäure und Wasser herbeiführt, bewirkt aber auch die Aufnahme jenes Elements, welches zur Eiweiß-Synthese noch hinzukommen muß: des Stickstoffs. Berthelot zeigte, daß zur Bindung des Stickstoffs durch Kohlenhydrate schon eine Spannung von zwölf Volt ausreicht. Und zwar wird der Stickstoff in einer Form aufgenommen, welche die Grundlage für jene Bausteine darstellt, aus welchem das Eiweißmolekül aufgebaut ist, nämlich als Amido- oder Imidogruppe, NH_2 oder NH an C gebunden. Er läßt sich annehmen, daß bei den weitgehenden Spaltungen, unter welchen die Bildung von Amidogruppen vor sich geht, jedenfalls unter Gegenwart von Sauerstoff, Aldehyd- und Karboxylgruppen entstanden, die zur Bildung von Aminosäuren Anlaß

geben mußten. „Damit sind wir aber unmittelbar an der Pforte angelangt, durch welche uns Emil Fischer jüngst bis tief in das Gebäude des Eiweißmoleküls hineingeführt hat. Denn bekanntlich ist es ihm gelungen, durch Zusammenkoppelung von Aminosäuren jene von ihm sogenannten Peptide herzustellen, deren nächste Verwandtschaft zu den Proteïnen er nachweisen konnte. Es liegt wohl nichts näher, als auch die natürliche Eiweißsynthese sich auf diesem Wege vollzogen und im wesentlichen auch heute noch in den Pflanzen sich vollziehen zu denken. Der Neigung zur Polymerisierung folgend, welche so viele stickstoffhaltige Atomkomplexe zeigen, mußten jene supponierten Aminosäuren von Beginn an in gerader Linie zu jenen hochmolekularen Produkten führen, welche die Grundlage alles lebenden Protoplasmas bilden. Wir sehen, so schließt Rülf seine bedeutsamen Ausführungen, es sind nur noch wenige Lücken, welche die experimentelle Forschung auszufüllen braucht, um uns den Aufbau des organischen Materials aus anorganischem in geschlossener Reihe vor Augen zu führen. Und was uns für den von ihr eingeschlagenen Weg von vornherein einnimmt, das sind die einfachen Mittel, durch welche sie zu ihrem Ziel zu gelangen verspricht. Die primitivsten, überall in der Welt vorhandenen Stoffe bilden die Grundlage dieser Versuche. Der spiritus rector derselben aber ist jene Energieform, die nach unseren heutigen Anschauungen die Grundlage der Materie selbst ist. Aus ihr bauen sich die anorganischen Elemente auf, und sie haucht ihnen auch schließlich Leben ein.“

Wir sind hier wiederum bei der Elektrizität angelangt, die Goethe (1825) als das „durchgehende Element“ bezeichnet; „man kann sie sich unbefangen als Weltseele denken“. Sie ist das πῦρ τεχνικόν der Stoiker, das ewig lebendige Feuer Heraklits, das im Spiel mit sich selbst das lebendige All erzeugt.

---

20. Kapitel.

Deszendenz-Theorien.
Die Ansichten über die Entstehung der Arten.

Die alten Griechen standen vollkommen auf dem Boden der Autochthonie. Tiere und Pflanzen gingen ihrer Meinung nach ursprünglich direkt aus der Erde hervor, jedes nach seiner Art. Wenn z. B. Empedokles sagt, der gegenwärtigen Tierwelt sei eine Reihe von unvollkommeneren Bildungen vorausgegangen, so will er damit keine Entwicklungsfolge der jetzigen aus einer früheren Tierwelt behaupten, sondern eine Gebärfolge der Mutter Erde. Denselben Standpunkt nehmen die Epikureer ein, z. B. Lukretius Carus, ebendenselben die Kirchenväter, soweit diese überhaupt eine unmittelbare Schöpfung zugeben auf Grund des Bibelwortes: „Die Erde bringe hervor."

Das Verdienst, zuerst deszendenz-theoretische Spekulationen angeregt zu haben, gebührt der Arche Noahs[1]). Die Frage, wie es Noah möglich war, von jedem Tier ein Paar in seiner Arche unterzubringen, machte den Kirchenvätern schon allein in Hinsicht auf die ihnen bekannte Tierwelt Europas, Asiens und Afrikas zu schaffen; die Schwierigkeit dieser Frage wuchs aufs doppelte nach der Entdeckung Amerikas. Zunächst half man sich mit der Bastard-Hypothese: viele Tiere seien Bastarde, so z. B. die Hyänen von Wolf und Fuchs, die Luchse von Wolf und Wildkatze, die Leoparden von Löwe und Panther, die Giraffen von Kamel und Panther usw. Die Anzahl der in der Arche unterzubringenden Tiere verminderte sich damit um ein Beträchtliches: Noah brauchte nur die Stamm-Eltern aufzunehmen. Dann aber musterte man die artenreichen Familien z. B. der Katzen, der Wieder-

---

[1]) Vgl. zum folgenden E. Krause, Erasmus Darwin und seine Stellung in der Geschichte der Deszendenz-Theorie, 1880, S. 78: „Die Vorgänger Darwins"; Die Bastard-Theorie. Kosmos, 4. Jahrg., 7. Bd. 1880, S. 191; O. Zöckler, Geschichte der Beziehungen zwischen Theologie und Naturwissenschaft, 1877—1879.

käuer u. a. und fragte, ob nicht vielleicht die vielen Arten derselben nur Abarten weniger Urformen seien. Diese theologischen Spekulationen bekamen einen wissenschaftlichen Anstrich, als sich der große Reisende und Eroberer Walther Raleigh in seiner „History of the world" (geschrieben um 1610) für diese Auffassung erklärte. Man brauche, meint er, in der Arche ebensowenig Raum zu schaffen für solche Tiere, die nur durch Größe und Wuchs voneinander abweichen, wie etwa die europäische Wildkatze und die indische Unze, als man es für nötig halte, die Bastarde neben den Stammformen unterzubringen. Denn wenn Farbe und Größe einen Artunterschied ausmachen, dann wären die Neger keine animalia rationalia, keine Menschen, sondern irgend eine Art von seltsamen Bestien, und ebenso müßten die Riesen Südamerikas zu einer anderen Art gehören als die Völker unseres Weltteils.

Die Ansicht, daß man nur eine beschränkte Zahl tierischer Grund- und Stammformen anzunehmen brauche, wurde geradezu Lehrmeinung der orthodoxen Schriftausleger und ziemlich allgemein als unbedenklich hingenommen. Matthias Hale, ein strenggläubiger Jurist, der in seinem frommen Eifer viele Hexen verbrennen ließ, gab dem neuen Lehrsatz um 1660 die Fassung: „Wir dürfen uns keineswegs einbilden, als wenn alle solche Gattungen und Arten auf solche Weise geschaffen worden, wie sie jetzt von uns gesehen werden, sondern daß solches allein von denen Arten und Gattungen gilt, welche wir primitivas et radicales species, Gattungen, so gleichsam die Wurzel und der Ursprung aller anderen sind, nennen mögen. Denn wie vielerlei Arten der Tiere sehen wir jetzt, welche vielleicht derselbigen Gattung und Art nicht sind, die geschaffen worden, sondern durch vielfältige Begebnis sich vielfach verändert haben, wie solches in den verschiedenen Arten der Hunde, Schafe, Spechte, Papageien und anderer dgl. zu sehen"[2]).

Leibniz spricht im Jahre 1705 ähnliche Gedanken aus[3]). Er meint, vielleicht sind oder waren die Tierarten zu irgend einer Zeit oder an irgend einem Ort des Universums der Veränderung mehr unterworfen, als sie es gegenwärtig und bei uns sind. Manche Tiere z. B., die etwas von der Katze haben, wie der Löwe, der Tiger und der Luchs, könnten von der nämlichen Rasse gewesen sein und gegenwärtig gleichsam nur Unterabteilungen der alten Katzenarten bilden. Aber im Grunde hält

---

[2]) M. Hale, The Origination of Mankind. Deutsch von Schmettau. Breslau 1685. — [3]) Neue Abhandlungen über den menschlichen Verstand; geschrieben 1705, gedruckt 1735, deutsch von C. Schaarschmidt, 2. A. 1904, S. 324 u. S. 316.

er die Arten doch für unveränderlich und sagt: „Wenn wir den durchdringenden Scharfblick höherer Geister hätten und die Sache tief genug durchschauen könnten, so würden wir vielleicht feststehende Attribute für jede Spezies finden, die allen ihren Individuen gemeinsam und immer in demselben lebendigen Organismus als feststehend vorhanden sind, welche Veränderungen oder Umwandlungen ihm auch begegnen mögen". Ganz ebenso war später Goethe von der „generischen und spezifischen Hartnäckigkeit" der Pflanzen- und Tierformen überzeugt.

Linné.

Linné hatte behauptet, daß alle jetzt vorhandenen Arten erschaffen worden seien. Aber er blieb nicht immer auf diesem theologischen Standpunkt stehen. Zahlreiche Äußerungen aus seinen späteren Schriften zeigen, daß er sowohl eine Veränderung der Art annahm, als auch an die Abstammung der einen Art von einer anderen dachte. Die Veränderungen, die er anerkennt, führt er teils auf „coelum und solum", d. h. Klima und Boden zurück, teils auf Kreuzung. Beispiele für das Variieren der Pflanzen infolge äußerer Einflüsse führt Linné mehrfach an, so z. B., daß gewisse Pflanzen an den Meeresufern sukkulente Blätter erhalten. Er geht sogar noch weiter und bezeichnet es als wahrscheinlich, daß alle einer natürlichen Gattung angehörigen Arten von ein und derselben Grundart abstammen. So sagt er z. B. von den vier Scorpiurus-Arten (Species plantarum, 2. A. 1753): „Es ist unzweifelhaft, daß alle diese einstmals aus einer einzigen Art entstanden sind." Auch die Arten der Gattungen Geranium, Mesembryanthemum, Crataegus, Eupatorium, Quercus u. a. erwecken in ihm die Idee eines gemeinsamen Ursprungs. Sonchus palustris ist „dem Äußeren nach ganz verschieden von Sonchus arvensis, und doch ist sein Bau so gleich, als wäre S. palustris einmal aus S. arvensis entstanden". In der zehnten Auflage des „Systema naturae" (1758) beschreibt Linné als erste Art der Gattung Phalaena den riesengroßen Pfauenspinner Attacus atlas aus Südasien, als zweite Art Attacus hesperus aus Südamerika; und nachdem Linné auf die große Ähnlichkeit beider hingewiesen und die Merkmale angegeben hat, wodurch sie sich unterscheiden, setzt er hinzu: „Auf welche Weise diese Art aus jener entstanden ist, wird die Zukunft lehren."

Die eigentliche Ursache der natürlichen Artbildung sieht Linné, im Anschluß an J. Gmelin (1749), in der Kreuzung, Hybridisation. In

seiner „Generatio ambigua" (1759) findet sich der Satz: „Es kommt vielleicht ein Tag, der uns zeigen wird, daß die meisten Gerania und Mesembryanthema dadurch entstanden sind, daß ein fremder Vater die Mutter befruchtet hat, und wenn ein hybrider Sprößling auch oft steril ist, so gilt dies doch nicht allgemein." Er stellt selbst Kreuzungs-Versuche an und sagt (Disquisitio 1759): „Hier eröffnet sich den Botanikern ein neues Feld, wo sie das Hervorbringen neuer Pflanzenarten versuchen können." In den „Genera plantarum" (1764) äußert er die Ansicht, alle die zuerst erschaffenen Pflanzen (z. B. a, b, c, d usw.) hätten sich nachher miteinander gekreuzt und dadurch nicht allein gleiche Nachkommen (a, b, c, usw.), sondern auch verschiedene (ab, ac, ad, bc usw.) hervorgebracht. So entstanden die Gattungen (genera). Auch diese pflanzten sich teils durch gleiche Abkömmlinge fort (a, b, c, ab, ac, bc, cd usw.), teils kreuzten sie sich (aab, bab, acc usw.), und auf diese Weise seien die Arten entstanden. Die zuerst erschaffenen Pflanzen waren die ordines[4]).

Die Deszendenztheorie Linnés hat in neuester Zeit in J. P. Lotsy einen Nachfolger gefunden, der in seinem Buch über „Evolution by means of Hybridization" (Haag 1916) die Entstehung neuer Arten ausschließlich auf Kreuzung zurückführt. Lotsy scheint indessen Linnés Ansichten darüber nicht zu kennen, denn er behauptet in der Vorrede, Anton Kerner von Marilaun sei der erste gewesen, der die Bedeutung der Kreuzung als die grundlegende Ursache der Entstehung der Arten voll erkannt habe. Kerner hat seine Bastard-Theorie in seinem berühmten „Pflanzenleben" (II, 1891) dargelegt; aber wie wir sehen, war Linné schon auf diesem Weg, den Lotsy geht, ohne einen andern anzuerkennen.

De Maillet.

Weitergreifenden Deszendenz-theoretischen Gedanken begegnen wir bei Benoit De Maillet[5]) (1656—1738). In seinen „Unterhaltungen eines indischen Philosophen mit einem französischen Missionar über die Verminderung des Meeres, die Bildung der Erde, den Ursprung

[4]) Vgl. C. A. M. Lindman, Carl von Linné als botanischer Forscher und Schriftsteller, 1908. C. Aurivillius, Carl von Linné als Entomologe, 1908. — J. G. Gmelin, Sermo academicus de novorum vegetabilium post creationem divinum exortu. Diss. Tübingen 1749. — [5]) Vgl. Kohlbrugge, B. de Maillet, J. de Lamarck und Ch. Darwin. Biolog. Centralblatt, 32. Bd. 1912, S. 505; A. Lang im Kosmos, 2. Jahrg., 3. Bd., S. 258.

des Menschen usw.“, 1715 geschrieben, 1748 im Druck erschienen, lehrt er, der Ursprung alles Lebens sei im Meere zu suchen, Landtiere und Landpflanzen stammten von Meerwesen ab. Er weist auf die Analogien der Landorganismen hin, auf Meer-Kräuter, Gesträuche, Bäume, Blumen, Äpfel, Trauben, auf fliegende Fische, Meersäugetiere und „Meermenschen“. Einzelne unter diesen hätten sich aufs Land begeben und sich allmählich an das Land- und Luftleben gewöhnt. Speziell über die Entstehung der Vögel aus fliegenden Fischen sagt Maillet: „Es konnte vorkommen (und kommt ja, wie wir wissen, ziemlich oft vor), daß beflügelte und fliegende Fische beim Jagen oder beim Verfolgtwerden, aus Raublust oder Todesfurcht, vielleicht auch durch die Gewalt der Wellen ans Ufer geworfen, ins Schilfdickicht oder auf Rasen fielen und nicht mehr ins Meer zurückgelangen konnten. Ihre nicht mehr vom Wasser benetzten Flossen spannten und krümmten sich infolge der Trockenheit. Während sie an ihrem neuen Wohnorte einige Nahrungsmittel zum Unterhalt vorfanden, verlängerten sich die voneinander losgelösten Strahlen der Flossen, die Häute, welche sie vorher miteinander verbanden, zerrissen und bildeten einen Bart. Die Haut des Körpers bedeckte sich unmerklich mit Flaum von derselben Farbe, die sie selbst hatte, und der Flaum entwickelte sich mehr und mehr. Die kleinen Flossenfedern am Bauche, welche ebenso wie die andern Schwimmflossen der Ortsbewegung der betreffenden Fische im Wasser dienten, wurden Beine und dienten zum Gehen. Andere Veränderungen der Gestalt gingen damit Hand in Hand. Schnabel und Hals verlängerten sich bei den einen, bei den andern verkürzten sie sich; ähnliches geschah mit dem übrigen Körper. Im ganzen aber blieb Übereinstimmung mit der ersten Form und wird immer erkennbar bleiben.“ De Maillet fügt hinzu: „Die Verwandlung der Raupe in den Schmetterling (eines ungeflügelten Tieres in das geflügelte!) würde uns tausendmal schwerer ankommen zu glauben, als diejenige von Fischen in Vögel, wenn jene Metamorphose nicht sich vor unsern Augen abspielte.“ Man findet diesen treffenden Hinweis auch bei späteren Deszendenz-Theoretikern immer wieder.

Buffon.

Die Phylogenie der Deszendenztheorie schreitet von De Maillet über Buffon zu Erasmus Darwin und Lamarck.

Im 4. Bande seiner großen „Naturgeschichte", der 1753 erschien, entwickelt Buffon seine Gedanken über den primitiven und allgemeinen Plan, der in aller Tierheit enthalten sei und auf Grund dessen „nicht allein der Esel und das Pferd, sondern auch der Mensch, die Affen, Vierfüßler und alle Tiere als die Glieder ein und derselben Familie betrachtet werden können". Die kleineren Familien innerhalb dieser großen Familie, von denen einige nur zwei, andere aber viele Glieder enthalten, können „nur durch Kreuzung oder durch Anhäufung allmählicher Veränderungen und durch Abarten von einem Original-Typus gebildet worden sein". Einmal in diesem Gedankengang, müssen wir, schließt Buffon weiter, auch zugeben, daß der Affe zu der Familie der Menschen gehört, daß er nur ein entarteter Mensch ist, und daß er mit dem Menschen einen gemeinsamen Ahnen besitzt, wie ihn Pferd und Esel gehabt haben. „Es würde dann folgen, daß jede Familie, ob Tier oder Pflanze, von einem einzigen Grundstock entsprossen ist, welcher nach einer Folge von Generationen bei einigen seiner Abkömmlinge höher ausgebildet ist und niedriger bei anderen".

Aber Buffon erhebt sich noch höher. „Die Naturforscher, sagt er, welche so emsig Familien unter Tieren und Pflanzen aufgestellt haben, scheinen nicht genügend die Konsequenzen beachtet zu haben, welche aus ihren Prämissen folgen. Diese würden nämlich das unmittelbare Schöpfungswerk auf eine so kleine Zahl von Individuen begrenzen, als man nur irgend verlangen würde. Denn wenn einmal gezeigt würde, daß wir richtige Gründe haben, diese Familien aufzustellen; wenn einst der Standpunkt gewonnen würde, daß unter den Pflanzen und Tieren auch nur eine einzige Spezies gewesen wäre, die in direkter Abstammung von einer anderen Spezies hervorgebracht worden wäre; wenn es z. B. einst bewiesen werden könnte, daß der Esel nur eine Degeneration des Pferdes sei — dann ließen sich der Macht der Natur keine Schranken mehr setzen, und wir würden nicht im Unrecht sein, anzunehmen, daß sie mit ausreichender Zeit von einem einzigen Wesen hätte alle andern ziehen können."

Inzwischen hatte jedoch Buffon das sehr höfliche Schreiben der Sorbonne erhalten, worin diese ihn auf seine ketzerischen Irrtümer aufmerksam machte (S. 88), und so beeilt er sich denn auch hier, seinen glänzenden Schlußfolgerungen hinzuzufügen: „Doch nein! Aus der Offenbarung wissen wir gewiß, daß alle Tiere gleichmäßig mit der Gnade einer direkten Erschaffung begünstigt worden sind, und daß

das erste Paar einer jeden Spezies vollkommen ausgebildet aus den Händen des Schöpfers kam.“ Das ist ganz offenbar ironisch gemeint; aber Buffon scheint doch später die Deszendenzgedanken abgelegt zu haben; er kommt zu einer Konstanz-Theorie, indem er jede Tier- und Pflanzenart aus der Synthese unvergänglicher und unveränderlicher „Similar-Teilchen“ entstehen läßt (vgl. S. 371). In seinen „Epochen der Natur“ (1778) sagt er mit zweifelsfreier Deutlichkeit: „Vergleicht man die alten (fossilen) Denkmäler des ersten Alters der belebten Natur mit ihren jetzigen Schöpfungen, so sieht man deutlich, daß der wesentliche Bau jedes Tieres ohne Veränderung in den Hauptcharakteren sich gleichgeblieben ist. Das Muster jeder Art ist nicht verändert und die innere Form hat sich unwandelbar erhalten. Man nehme die Zeitfolge auch noch so lange an, man setze auch noch so viele Zeugungen voraus, so bleibt doch dem ohnerachtet gewiß, daß die einzelnen Tiere jeder Art noch jetzt die ursprüngliche Gestalt der Gattungen der ersten Jahrhunderte darstellen.“

Erasmus Darwin.

Unter einem Marmor-Medaillon in der Kathedrale zu Lichfield, das den Großvater von Charles Darwin darstellt, stehen die folgenden Worte: „Erasmus Darwin, D. M., F. R. S., Arzt, Philosoph und Dichter, Verfasser der Zoonomia, des Botanischen Gartens und anderer Werke, ein geschickter Beobachter der Natur, lebhaft in der Einbildung, unermüdlich in der Untersuchung, originell und weitblickend in seinen Ansichten. Seine Spekulationen waren hauptsächlich auf die Probleme gerichtet, die später erfolgreich von seinem Enkel Charles Darwin gelöst wurden, einem Erben vieler seiner Eigenschaften“[6]). In der Tat bildet Erasmus eine fast vollkommene Parallele zu seinem Enkel Charles, er hat fast alle die Wissenszweige herangezogen, die auch heute noch als die hauptsächlichsten Grundlagen der Abstammungslehre betrachtet werden: Paläontologie, Anatomie, Ontogenie und Ökologie,

---

[6]) Mitgeteilt von W. May in seiner eingehenden Untersuchung über Charles und Erasmus Darwin. Archiv für die Geschichte der Naturwissenschaften und der Technik II, 1909, S. 1. Vgl. auch E. Krause, Erasmus Darwin und seine Stellung in der Geschichte der Deszendenztheorie, 1880. — Der „Botanische Garten“ von E. Darwin erschien 1788 (II. Teil: The Loves of the Plants) und 1791 (I. Teil: The Economy of Vegetation); die „Zoonomia, or the laws of organic life“ 1794—1798, deutsch von J. D. Brandis, Hannover 1795—1799.

Anpassungserscheinungen. „Die Paläontologie lehrte ihn, daß ganze Tiergruppen heute nicht mehr existieren und regte ihn zu der Frage an, ob dies aus ihrer Umwandlung in andere Formen zu erklären sei. Die Anatomie zeigte ihm die Einheit des Bauplans und die rudimentären Organe, die Ontogenie die außerordentliche Verschiedenheit der in kurzer Zeit von ein und demselben Organismus durchlaufenen Stadien, die Ökologie die große Plastizität der organischen Form unter dem Einfluß des Klimas, der Tätigkeit und der menschlichen Züchtung." Aber im Vergleich zu dem ungeheuren empirischen Material, das der Enkel aus diesen Gebieten zur Begründung der Abstammungslehre zusammengetragen hat, war die tatsächliche Begründung, die Erasmus für nötig hielt und geben konnte, äußerst ärmlich. Das paläontologische „Material" besteht in dem Satz: „Es ist sehr merkwürdig, daß einige der gewöhnlichsten fossilen Schaltiere in ihrem gegenwärtigen Zustand nicht bekannt sind und umgekehrt viele Schaltiere, die jetzt sehr häufig sind, fossil selten gefunden werden. Wurden die Ammoniten alle vernichtet, als sich die Kontinente erhoben? oder gehen manche Gattungen zugrunde durch die zunehmende Übermacht ihrer Feinde? oder leben sie noch in unzugänglichen Tiefen der See? oder wechseln manche Tiere allmählich ihre Form und werden zu neuen Gattungen?"[7]). Von den rudimentären Organen sagt Erasmus Darwin: „Es gibt einige augenscheinlich nutzlose oder unvollkommene Anhänge an Pflanzen und Tieren, die allmähliche Veränderungen eines ursprünglichen Zustandes anzudeuten scheinen; so die Staubfäden ohne Staubbeutel und die Griffel ohne Narben, die „Halteren" oder Flügelrudimente einiger Zweiflügler und die Brustwarzen männlicher Tiere. Die Schweine haben vier Zehen, aber zwei davon sind unvollkommen ausgebildet und berühren den Boden nicht. Bei einigen Tieren scheint die Allantois verschwunden zu sein, bei anderen ist sie mehr als zehnmal so groß als für ihren Zweck nötig ist." Erasmus Darwin scheint indessen diese Rudimente nicht als Überreste eines vorher vollkommeneren Zustandes zu deuten, sondern als „Orimente", als beginnende Neubildungen; denn er fährt fort: „Vielleicht sind alle sogenannten Mißgeburten der Natur übriggebliebene Zeugnisse ihrer Bildungsweise in ihrem früheren weniger vollkommenen Zustande, oder Versuche in der Richtung einer größeren Vollkommenheit"[8]). Diese Idee sieht er gestützt durch die

[7]) The Botanic Garden I, 4. Ed. 1799, S. 138. — [8]) The Botanic Garden I, S. 8 f., Anmerkung.

modernen Entdeckungen und Gedanken über die fortschreitende Bildung der festen Teile unserer Erdkugel und entsprechend „der Würde des Schöpfers aller Dinge“[9]).

Ausführlicher erörtert Erasmus Darwin seine genetische Theorie in seiner „Zoonomie“. Hier zählt er die Gründe zu seiner Annahme einer Entwicklung vollständig auf; sie sind:

1. Die großen Veränderungen der Tiere nach ihrer Geburt, z. B. bei der Entstehung des Schmetterlings aus der Raupe, des Frosches aus der Kaulquappe usw.;

2. die großen Veränderungen, die bei manchen Tieren durch zufällige oder künstliche Kultur hervorgebracht werden können, so bei Pferden, Hunden, Kamelen und Schafen, „die sich so gänzlich geändert haben, daß wir jetzt nicht einmal mehr ihre Stammeltern im wilden Zustande erkennen können“. Hier weist Darwin auch auf die Veränderungen der Gestalt des Menschen hin, die durch einen bestimmten Beruf erzeugt werden, z. B. bei den Schmieden, Webern, Seiltänzern;

3. die großen Veränderungen, die mit den Tieren vor ihrer Geburt vorgehen, wodurch sie ihren durch Kultur oder sonstwie veränderten Eltern ähnlich werden und wodurch diese Veränderungen auf die Nachkommen übertragen werden. Oder es sind Veränderungen, die durch Mischung der Arten hervorgebracht werden, oder durch Überfluß der Nahrung, oder durch die Einbildung des Vaters, aus dessen Blut das embryonale Filament hervorgeht (vgl. S. 357);

4. die große Ähnlichkeit des Baues aller warmblütigen Tiere, der Säugetiere, Vögel, Amphibien, von der Maus und Fledermaus an bis zum Menschen, Elefanten und Walfisch.

Denkt man über all dies nach, so folgert Darwin, „sollte es wohl zu kühn sein, sich vorzustellen, daß alle warmblütigen Tiere aus einem einfachen lebenden Filament[10]) entstanden sind, welches die erste große Ursache mit Animalität begabte, mit der Kraft, neue Teile zu erlangen, begleitet mit neuen Neigungen, geleitet durch Neigungen, Empfindungen, Willen und Assoziationen, und welches so die Macht besaß, durch seine ihm eingepflanzte Tätigkeit sich zu vervollkommnen, und diese Vervollkommnungen durch Zeugung der Nachwelt zu überliefern!“

---

[9]) Ebenda II, S. 9, Anm. — [10]) Der englische Text (II, 3. Ed. S. 230) heißt: „from a single living filament“. Brandis übersetzt „single“ mit „einzig“, was hier offenbar falsch ist.

Auch die kaltblütigen Tiere, ferner die Insekten, die Würmer, die Pflanzen, auch sie sind solchen lebenden Filamenten entsprungen.

Aber — alle bisherigen Historiker der Deszendenztheorie haben das übersehen — Erasmus Darwin ist trotz allem kein Deszendenztheoretiker im heutigen Sinn. Die verschiedenen Tiere und Pflanzen sind nach seiner Meinung nicht auseinander entstanden, sondern „alle auf ähnliche Art aus einem ähnlichen lebenden Filament"[11]. Wie sich Erasmus Darwin diese Entstehung dachte, geht aus der folgenden Stelle hervor: „In einigen (der warmblütigen Tiere) hat dieses Filament bei fernerer Ausbildung Hände und Finger erhalten mit einem feinen Gefühlssinn, wie beim Menschen. Bei andern hat es Klauen oder Krallen angenommen, wie beim Tiger oder Adler, bei andern Zehen mit dazwischen gespanntem Gewebe oder Membran, wie bei Gänsen und Robben, während bei den Arten der Vögel dieses ursprüngliche lebende Filament Flügel statt der Arme und Schenkel hervorgeschoben hat, und Federn statt der Haare" usw.[12] Aus dieser Stelle geht klar hervor, daß Erasmus Darwin mit seiner Deszendenztheorie abseits steht von den Wegen, die sein Enkel gegangen ist, der die organischen Formen auseinander entstehen läßt durch „Abstammung mit Modifikation". Erasmus Darwins „Filamente" entwickeln sich zu bestimmten Organismen und bleiben diese bestimmten Organismen, auch wenn sie eine beständige Umbildung erleiden, „welche zum Teil durch ihre eigenen Tätigkeiten in Gefolg ihres Verlangens und ihrer Abneigungen, ihrer Vergnügen und Schmerzen, oder ihrer Neigungen oder ihrer Assoziationen hervorgebracht werden". Diese beständige Umbildung dient nur dazu, den betreffenden und bestimmten Organismus immer vollkommener zu machen. Die Umbildung ist keine Transformation, sondern eine Perfektion. Diese Idee der stufenweisen Bildung und Veredlung der tierischen Welt findet Darwin auch durch die Tierwelt Amerikas bestätigt; die Tiger und Alligatore Amerikas sind ihm nicht von anderer Art als diejenigen Asiens und Afrikas, sondern nur von geringerer Größe und Stärke, die darauf zurückzuführen ist, daß das feste Land von Amerika sich in einer späteren Zeit aus dem Ozean erhoben hat, als die übrigen drei Weltteile. Jene Tiere hatten also, so lautet die unausgesprochene Schlußfolgerung, noch nicht genügend

[11]) Englisch (S. 236): „from a similar living filament". Hier übersetzt Brandis sogar das „similar" mit „einzig", und auf diesem Übersetzungsfehler scheint die bisherige irrige Ansicht zu beruhen. — [12]) Deutsche Ausgabe II, S. 452 f.

Zeit, um sich bis zu der Vollkommenheit der asiatischen und afrikanischen zu entwickeln.

Erasmus Darwin ist der Vertreter einer absoluten Parallelismus-Theorie; genau so, wie sich die einzelnen Organismen ontogenetisch aus „Filamenten" entwickeln, so entwickeln sie sich erdgeschichtlich.

Das Wesen der Entwicklung findet Erasmus Darwin in der Erwerbung neuer Teile infolge zufälliger oder künstlicher Kultur, Bastardierung, Überfluß an Nahrung, Einbildung des Vaters, sowie eigener Tätigkeit der Tiere, die durch Verlangen und Abneigung, Vergnügen und Schmerz bestimmt wird. Die drei großen Gegenstände des Verlangens, welche die Formen mancher Tiere veränderten, indem sie zu entsprechenden Tätigkeiten antrieben, sind nach Darwin: Wollust, Hunger und Sicherheit. Das Verlangen nach dem ausschließlichen Besitz des Weibchens schuf dem Hirsch das Geweih, dem Hahn die Sporen. „Die Endursache (causa finalis!) dieses Streites unter den Männern scheint zu sein, damit das stärkste und tätigste Tier die Art fortpflanze, welche dadurch verbessert werden sollte."

Abgesehen von dem teleologischen Moment finden wir diese Idee wieder in der „geschlechtlichen Zuchtwahl" von Charles Darwin.

Das andere große Bedürfnis besteht in den Mitteln, sich Nahrung zu verschaffen, wodurch die Formen aller Tierarten sich verändert haben. Die Nase des Elefanten ist zu einem Rüssel verlängert worden, damit er die Zweige zu seiner Nahrung niederholen kann und Wasser einnehmen, ohne die Knie zu beugen. Zunge und Gaumen des Hornviehs ist rauh geworden, damit es das Gras abstreifen kann usw. „Alle diese Dinge scheinen mehrere Generationen hindurch nach und nach durch das beständige Bestreben der Kreatur, dem Bedürfnis der Nahrung abzuhelfen, gebildet zu sein, und sich so auf die Nachkommenschaft mit beständiger Verbesserung derselben zu ihrer zweckmäßigeren Anwendung fortgepflanzt zu haben."

Ebenso wirkt das Bedürfnis nach Sicherheit verändernd auf die Form und Farbe des Körpers bei Tieren und Pflanzen. Die Farben der Tiere führt Darwin auf eine Art Farbenphotographie zurück. Er stellt sich vor, daß die Netzhaut ihre Fibern oder ihre Oberfläche so legt, daß bloß die in das Auge eindringenden Farben, z. B. das Weiß des Schnees, das Grün des Grases, reflektiert werden, dann „nach den Gesetzen der Nachahmung" die äußersten Enden der Gefühlsnerven in dem Schleim-

netz der Haut zu einer ähnlichen Tätigkeit erregt würden und dadurch die Haut, die Federn oder die Haare ihre äußersten Fibern ebenso disponieren, daß sie weiß oder grün reflektieren. „Und so könnten, wie in der Fabel vom Chamäleon, alle Tiere eine Neigung besitzen, so gefärbt zu werden, wie die Gegenstände, welche sie am meisten ansehen.“

Lamarck.

Jean Baptiste Lamarck (1744—1829), seit 1793 Professor für die Naturgeschichte der wirbellosen Tiere am Jardin des plantes, hatte nach seinem eigenen Bekenntnis lange an konstante Arten geglaubt. „Jetzt, sagt er 1802, bin ich überzeugt, daß ich mich in dieser Hinsicht irrte, und daß es in der Natur tatsächlich nur Individuen gibt“[13]. Zu dieser Überzeugung hatte ihn die verwirrende Mannigfaltigkeit der wirbellosen Tiere geführt, die er seit dem Jahre 1793 in ein natürliches System zu bringen bemüht war. Dabei bemerkte er, daß die Organisation in den Hauptgruppen der Tiere, „angefangen von der Monade, die sozusagen nur ein belebter Punkt ist, bis zu den Säugetieren, und hier bis zum Menschen“, eine fortschreitend zunehmende Komplikation erkennen läßt, und sein Erstaunen darüber klingt noch lange nach; so in dem berühmten „Discours d'ouverture“, mit dem er die Vorlesungen des Jahres 1800 eröffnete, und den er 1801 seinem „Système des animaux sans vertèbres“ als Einleitung voranstellte. Hier zuerst tauchen seine deszendenz-theoretischen Gedanken auf, die er in den Discours der Jahre 1802, 1803 und 1806 weiter bildete, bis er sie im Jahre 1809 in seiner „Zoologischen Philosophie“ als reifes Produkt seines Forschens und Nachdenkens endgültig niederlegte[14].

---

[13]) Lamarck, Recherches sur l'organisation des corps vivants, 1802, S. 141. — Über Lamarck s. A. S. Packard, Lamarck, the Founder of Evolution, 1901; F. Kühner, Lamarck, 1913; A. Lang, Zur Charakteristik der Forschungswege von Lemarck und Darwin, 1889; E. Haeckel, Die Naturanschauung von Darwin, Goethe und Lamarck, 1882 (Vorträge und Abhandlungen I, 2. A. 1902, S. 217); W. May, Lamarck und Darwin. Preußische Jahrbücher Bd. 136, 1909, S. 407. — [14]) Die „Discours d'ouverture“ hat M. Landrieu gesammelt neu herausgegeben (Paris 1907). Der vollständige Titel der „Zoologischen Philosophie“ lautet: „Philosophie zoologique, ou Exposition des Considérations relatives à l'histoire naturelle des Animaux; à la diversité de leur organisation et des facultés qu'ils en obtiennent; aux causes physiques qui maintiennent en eux la vie et donnent lieu aux mouvements qu'ils exécutent; enfin, à celles qui produisent, les unes le sentiment, et les autres l'intelligence de ceux qui en sont doués.“ Eine Neuauflage, hgg. von Ch. Martins, erschien 1873, eine deutsche

Gleich im Vorwort der „Zoologischen Philosophie“ setzt Lamarck die Hauptpunkte seiner Theorie auseinander: „Wie hätte ich, sagt er, die merkwürdige Abstufung der Organisation der Tiere von den vollkommensten bis zu den unvollkommensten bemerken können, ohne nach der Ursache einer so auffallenden und wichtigen Tatsache zu fragen. Mußte ich nicht annehmen, daß die Natur die verschiedenen Organismen nacheinander hervorgebracht habe, fortschreitend vom Einfachsten zum Kompliziertesten, da sich die Organisation in der tierischen Stufenleiter, von den unvollkommensten Tieren an, stufenweise in so äußerst merkwürdiger Weise kompliziert? Dieser Gedanke gewann in meinen Augen den höchsten Grad von Wahrscheinlichkeit, als ich fand, daß das auf der niedrigsten Organisationsstufe stehende Wesen keinerlei besondere Organe besitzt, auch keine besonderen Fähigkeiten, die nicht jedem belebten Körper zukämen. In dem Maße aber, als die Natur nach und nach die verschiedenen besonderen Organe schuf und so mehr und mehr die tierische Organisation ausbildete, erlangten die Tiere je nach dem Grade ihrer Ausbildung besondere Fähigkeiten, die bei den vollkommensten Tieren zahlreich und höchst ausgebildet sind.“

Seine Betrachtungen fortsetzend, kommt Lamarck zu der Erkenntnis:

1. daß alle Organismen unseres Erdballes wahre Naturerzeugnisse sind, welche die Natur in langer Zeit allmählich hervorgebracht hat;

2. daß die Natur in ihrem Gange mit der Schöpfung der einfachsten Organismen begonnen hat und noch täglich beginnt, und daß sie unmittelbar nur diese ersten Entwürfe hervorbringt;

3. daß die ersten, an günstigen Orten und unter günstigen Umständen gebildeten tierischen und pflanzlichen Anfänge, mit der Fähigkeit eines beginnenden Lebens und organischer Bewegung versehen, mit Notwendigkeit allmählich Organe entwickelt und sie mit der Zeit vervielfältigt haben;

4. daß das von den ersten Wirkungen des Lebens unzertrennliche Wachstumsvermögen in jedem Teile des Organismus die verschiedenen

---

Übersetzung von A. Lang 1876 (Neuausgabe 1903). Den für die Deszendenz-Theorie Lamarcks allein in Betracht kommenden ersten Teil der Zoologischen Philosophie habe ich selbst 1909 in Kröners Volksausgabe herausgegeben. Aufs neue hat dann Lamarck seine Theorie in der Einleitung zum ersten Band seiner „Histoire naturelle des Animaux sans vertèbres“ (1815, 2. A. 1835) dargestellt.

Arten der Vermehrung und Fortpflanzung erzeugt hat, und daß dadurch die Fortschritte der Organisation erhalten, konserviert werden;

5. daß bei hinreichender Zeit und günstigen Umständen, bei den ununterbrochenen Veränderungen der Erdoberfläche, durch die umändernde Wirkung neuer Verhältnisse und neuer Gewohnheiten alle Organismen unmerklich so gebildet worden sind, wie wir sie jetzt wahrnehmen;

6. daß also die Arten der Organismen geworden sind und nur relativ konstant sind[15]).

Es ist, wie wir sehen, eine anatomisch-physiologische Übersicht des Tierreichs, die Lamarck zur Deszendenz-Theorie führt, eine Übersicht, die Lamarck durch das gründlichste Studium der lebenden und fossilen Wirbellosen gewonnen hatte.

Die Ursache der Transmutation findet Lamarck einmal in dem Vermögen des Lebens selbst (pouvoir de la vie), sodann in den Veränderungen der Umgebungsverhältnisse. Die Entwicklung, heißt es in der Einleitung zur Naturgeschichte der wirbellosen Tiere (S. 134), beruht auf zwei wesentlichen Grundlagen: 1. auf dem Vermögen des Lebens, dessen Resultate die zunehmende Zusammensetzung der Organisation und folglich die erwähnte Progression (vom Einfachen zum Zusammengesetzten) sind; 2. auf der abändernden Ursache, deren Ergebnisse Unterbrechungen und verschiedene und unregelmäßige Abweichungen (vom regelmäßigen Fortschritt) sind.

Die verändernde Ursache findet Lamarck in den Umgebungsverhältnissen. Bei den Pflanzen und niedersten Tieren wirken diese nach Lamarcks Auffassung direkt, bei den höheren Tieren nur indirekt, indem sie deren aktives Verhalten beeinflussen. Er folgert:

1. Daß jede einigermaßen beträchtliche und anhaltende Veränderung in den Verhältnissen, denen die Tiere ausgesetzt sind, die Bedürfnisse derselben verändert;

2. daß jede Veränderung in den Bedürfnissen der Tiere andere Tätigkeiten nötig macht, um diesen neuen Bedürfnissen zu genügen, und infolgedessen neue Gewohnheiten erzeugt;

3. daß jedes neue Bedürfnis, indem es neue Tätigkeiten nötig macht, von dem betreffenden Tiere entweder den häufigeren Gebrauch eines Organes erfordert, von dem es vorher weniger Gebrauch gemacht

---

[15]) Zoologische Philosophie, 3. Kap.

hatte, oder den Gebrauch neuer Organe. Das neue Organ entsteht dann durch die Bemühungen des inneren Gefühls (par des efforts de son sentiment intérieur), den neuen Bedürfnissen gerecht zu werden[16].

In zwei „Naturgesetzen“ faßt Lamarck seine Theorie zusammen:

Erstes Gesetz: Bei jedem Tier, welches das Ziel seiner Entwicklung noch nicht überschritten hat, stärkt der häufigere und dauernde Gebrauch eines Organs dasselbe allmählich, entwickelt, vergrößert und kräftigt es proportional der Dauer dieses Gebrauchs; der konstante Nichtgebrauch eines Organs macht es unmerkbar schwächer, verschlechtert es, vermindert fortschreitend seine Fähigkeiten, bis es endlich ganz verschwindet.

Zweites Gesetz: Alles, was die Individuen durch den Einfluß der Verhältnisse, denen sie lange Zeit hindurch ausgesetzt sind, und infolgedessen durch den vorherrschenden Gebrauch oder konstanten Nichtgebrauch eines Organs erwerben oder verlieren, wird durch die Fortpflanzung auf die Nachkommen vererbt, vorausgesetzt, daß die erworbenen Veränderungen beiden Geschlechtern oder den Erzeugern der neuen Generation gemeinsam sind.

Anpassung an neue Verhältnisse, Erwerbung neuer Eigenschaften durch die Anpassung, Vererbung der erworbenen Eigenschaften, das ist also der Weg, den die Entwicklung nach Lamarcks Theorie einschlägt. Man hat, weil er in die Kette der Ursachen und Wirkungen das „Bedürfnis“ der Tiere eingefügt hat, sich berechtigt geglaubt, auf seine Theorie eine „psychophysische Teleologie“ zu gründen[17]. Lamarck hat eine solche Teleologie von vornherein abgelehnt. In seiner „Naturgeschichte der wirbellosen Tiere“ (1815) sagt er darüber: „Hauptsächlich bei den Organismen und speziell bei den Tieren glaubte man in den Vorgängen der Natur einen Zweck zu erblicken. Ein solcher Zweck ist indessen hier wie anderswo bloß Schein, nicht Wirklichkeit. In Wirklichkeit hat bei jeder besonderen Organisation dieser Naturkörper eine durch natürliche Ursachen und stufenweise zustande gekommene Ordnung der Dinge, durch eine fortschreitende, von den Umständen bedingte Entwicklung von Teilen das herbeigeführt, was uns als Zweck erscheint, was aber in Wahrheit eine Notwendigkeit ist. Klima, Lage, Milieu, die Mittel zum Leben und zur Selbsterhaltung,

---

[16]) Unter „innerem Gefühl“ versteht Lamarck das „Existenzgefühl“, „Allgemeingefühl“, wie es heute genannt wird. — [17]) Vgl. A. Pauly, Darwinismus und Lamarckismus. Entwurf einer psycho-physischen Teleologie, 1905.

kurz die besonderen Verhältnisse, in denen jede Art lebt, haben die Gewohnheiten dieser Art herbeigeführt, und diese haben die Organe der Individuen umgemodelt und angepaßt. Die Folge davon ist, daß die Harmonie, die zwischen der Organisation und den Gewohnheiten der Tiere existiert, uns als vorbedachtes Resultat erscheint, während sie doch nur ein mit Notwendigkeit herbeigeführtes Resultat ist"[18]).

Zur Illustration seiner Theorie führte Lamarck eine Menge von Beispielen an, die freilich nicht als Beweise der Theorie gelten konnten, sondern bloß als spekulative Anwendungen derselben auf Naturerscheinungen. So sagt er z. B.: Der Vogel, der von seinem Bedürfnis aufs Wasser gezogen wird, um dort seine Nahrung zu suchen, spreizt die Zehen seiner Füße auseinander, wenn er rudern und schwimmen will. Die Haut, welche diese Zehen an ihrer Basis verbindet, nimmt durch dieses unaufhörlich wiederholte Auseinanderspreizen die Gewohnheit an, sich auszudehnen. So sind mit der Zeit die breiten Schwimmhäute entstanden, welche gegenwärtig die Zehen z. B. der Enten und Gänse verbinden. Oder: Wenn ein Tier, um seinen Bedürfnissen zu genügen, wiederholte Anstrengungen macht, um seine Zunge zu verlängern, so wird sie eine beträchtliche Länge erreichen (Ameisenbär, Grünspecht) u. dgl.

Zwischen Lamarck und Darwin.

Die Art der „Begründung" mag es mit verschuldet haben, daß Lamarcks Ansichten bei seinen wissenschaftlichen Zeitgenossen wenig Anklang fanden. Zuweilen hat man auch die Meinung Lamarcks dahin ausgelegt, als brauche ein Tier nur zu wollen, um einen längeren Hals oder ein Stelzbein zu bekommen. Das ist ein Mißverständnis, das nur auf oberflächlicher Kenntnis oder Übelwollen beruhen kann; denn immer wieder betont Lamarck, daß es langer Zeiträume und dauernder Gewohnheit des Gebrauchs oder Nichtgebrauchs bedürfe, um die Bildung und Umbildung von Organen in die Wege zu leiten. Aber der Hauptgrund für die Nichtanerkennung der Deszendenz-Theorie lag wohl darin, daß die Zeit für sie noch nicht reif genug war. Der Geist dieser Zeit wurde vertreten durch Cuvier und seine Konstanz- und Katastrophen-Theorie. Erst mußten noch alte Vorurteile beseitigt, neue empirische

[18]) Lamarck, Histoire naturelle des animaux sans vertèbres I, 1815. 2. Ed. 1835, S. 266 f.

Materialien denkend verarbeitet werden, bevor der Entwicklungsgedanke in der Biologie den endgültigen Sieg erringen konnte. Hoff und Lyell beseitigten die Katastrophen-Theorie aus der Erdgeschichte, aber die Theorie Lamarcks blieb doch auch für Lyell eine „phantastische Novelle"

In den vorhergehenden Kapiteln hatten wir Gelegenheit, das Auftauchen des Entwicklungsgedankens und die Bereitstellung seiner Grundlagen in den biologischen Einzelgebieten zu verfolgen. Es kann nicht unsere Aufgabe sein, alle Naturforscher und Naturphilosophen aufzuzählen, die zwischen Lamarck und Darwin deszendenz-theoretische Gedanken geäußert haben. Es sind sehr viele[19]). Aber die meisten von ihnen sprechen diese Gedanken nur im Vorübergehen aus, ohne ihn tiefer zu begründen, als Vermutung oder zweifelhafte Spekulation. Carl Ernst von Baer z. B. neigt dem Deszendenzgedanken zu und wendet sich gegen die dogmatisch festgehaltene Auffassung, daß alle Pflanzen und Tiere, wie wir sie jetzt kennen, ursprünglich entstanden, nicht Umänderungen früher bestehender Formen sind. Er weist darauf hin, daß alle organischen Körper in ihrer ersten Jugend die Verhältnisse niederer Körper durchlaufen, daß Polypen und Schaltiere die Erde früher belebten als Fische und Amphibien, diese früher als Vögel und Säugetiere und fügt hinzu: „In unseren Tagen hat sogar einer der gelehrtesten Zoologen, Lamarck, versucht nachzuweisen, wie und durch welche äußeren Verhältnisse bedingt sämtliche Tiere aus ursprünglichen, geschaffenen, höchst einfachen entstanden sein müßten. Weit entfernt, seine Sätze unterschreiben zu wollen, mögen sie uns nur die Gewähr leisten, daß das Gegenteil keineswegs als ausgemacht gelten dürfe"[19a]). Vielfach wurden die Abänderung der Arten und ihre Ursachen behandelt, am eingehendsten von Bronn in seinem „Handbuch der Naturgeschichte" (II, 1843). W. Herbert (1822), Leopold von Buch (1825), Rafinesque und einige andere sprachen die Meinung aus, daß Varietäten allmählich zu Arten werden könnten; aber über die Art hinaus wagte man die Abänderung selten zuzugeben. Bronn legte nach gründlichster Erörterung der Ausartungen und ihrer Ursachen dennoch die

---

19) Vgl. G. Seidlitz, Die Darwinsche Theorie, 2. A. 1875, S. 31: Geschichte der Deszendenztheorie bis Darwin; E. Haeckel, Natürliche Schöpfungsgeschichte, 1868, 11. A. 1909, 4. und 5. Vortrag. — 19a) C. E. v. Baer, Zwei Worte über den jetzigen Zustand der Naturgeschichte, 1821, S. 28.

„Nichtigkeit“ der Lamarckschen Theorie dar. Eine das ganze Pflanzen- und Tierreich umfassende Deszendenz-Theorie finden wir vergleichsweise selten; Treviranus, Chambers, Schleiden, Cotta, Unger, Herbert Spencer und Schaaffhausen sind hier an erster Stelle zu nennen[20]).

Gottfried Reinhold Treviranus (1776—1837) findet, indem er die Organismen unter vergleichend-anatomischen Gesichtspunkten betrachtet, ähnlich wie zur selben Zeit Lamarck, „Gradationen der lebenden Natur“[21]). Aber diese Gradation erstrecke sich nur auf die ganze Summe der ungleichartigen Organe, und auf die Größe und Menge gewisser einzelner Teile. „Eine Stufenleiter bilden jene Gestalten, sobald man nur auf einzelne Teile ihrer Organisation Rücksicht nimmt; sie machen ein Netz und nicht eine Stufenleiter aus, wenn man ihre gesamte Organisation in Anschlag bringt.“ Denn „in jeder Familie, jedem Geschlecht, ja jeder Gattung von lebenden Körpern bildet die Natur irgendein Organ oder System von Organen vorzugsweise aus, indem sie unter den übrigen Organen einige unverändert läßt, andere vereinfacht; und jene Ausbildung sowohl als diese Vereinfachung ist gewöhnlich bloß Wiederholung einer und derselben Grundform. So entstehen Verwandtschaften und Gradationen in einzelnen Organen, bei der größten Unähnlichkeit in den übrigen Organen“.

Eine ähnliche Gradation, die vom Einfacheren zum Mannigfaltigeren schreitet, findet Treviranus in der geographischen Verbreitung

---

[20]) In einem Artikel „War Darwin ein originelles Genie?“ (Biolog. Centralblatt, 35. Bd. 1915, S. 93) zählt J. H. F. Kohlbrugge 57 Autoren auf, die deszendenztheoretische Gedanken schon vor Darwin äußerten. Trotzdem hat Seidlitz (Die Darwinsche Theorie, 2. A. 1875, S. 58) recht, wenn er sagt: „Alle diese Stimmen (bei Seidlitz 47) zu Gunsten der Veränderlichkeit der Arten, so gewichtig sie auch waren, gewannen nur wenige Anhänger.“ Die in der Wissenschaft herrschende Auffassung war um 1859 der Deszendenztheorie abgeneigt. Oskar Peschel schrieb 1860: „Darwins Buch versucht den Schleier zu heben von den tiefsten Geheimnissen der Natur, und die Frage zu lösen, ob für jede besondere Art der Pflanzen oder Tiere ein getrennter Schöpfungsakt nötig gewesen sei oder nicht... Eine solche Streitfrage ist seit langer Zeit schon besprochen und in letzter Zeit fast immer zu Gunsten der getrennten Schöpfungsakte für jede Art entschieden worden, so daß bis auf Darwins Buch die andere Meinung hoffnungslos, um nicht zu sagen lächerlich erschien“ (Ausland 1860, Nr. 5 und 6, 29. Jan. und 5. Februar; auch in Peschels Abhandlungen zur Erd- und Völkerkunde, 1877, S. 475). Man vergleiche weiter Bronn (dieses Buch S. 301 und 333), Johannes Müller (S. 298), Alexander von Humboldt (S. 274). Aber Kohlbrugge sucht auch die obskursten Schreiber zusammen, um zu beweisen, daß Darwin kein originelles Genie gewesen sei. — [21]) Biologie oder Philosophie der lebenden Natur I, 1802, S. 446.

der Organismen, angefangen von den Grenzen dieser Verbreitung bis zu gewissen Mittelpunkten der belebten Erde[22]). Zu dem gleichen Resultat führt ihn eine Betrachtung der Fossilien in den aufeinanderfolgenden Schichten der Erdrinde: auch hier ein Fortgang vom Einfacheren zum Zusammengesetzteren[23]).

Am Ende seiner geologisch-paläontologischen Erörterungen, die ein reiches Material umsichtig verwerten, stellt Treviranus die Fragen: Wie sind die mannigfaltigen Formen der lebenden Natur entstanden? Waren sie unmittelbare Geburten der Erde? Gingen sie, gleich der Aphrodite des Fabellandes, aus dem Schaume des Meeres hervor? Oder wurden bloß die einfacheren Zoophyten auf diese Weise erzeugt und entstanden die zusammengesetzteren Organismen, indem sich jene Grundformen von Generation zu Generation immer mehr ausbildeten? Treviranus entscheidet sich für die letzte Auffassung: „Wir glauben, daß die Enkriniten, Pentakriniten, Ammoniten und die übrigen Zoophyten der Vorwelt die Urformen sind, aus welchen alle Organismen der höheren Klassen durch allmähliche Entwicklung entstanden sind. Wir sind ferner der Meinung, daß jede Art, wie jedes Individuum, gewisse Perioden des Wachstums, der Blüte und des Absterbens hat, daß aber ihr Absterben nicht Auflösung, wie bei dem Individuum, sondern Degeneration (Umbildung) ist. Und hieraus scheint uns zu folgen, daß es nicht, wie man gewöhnlich annimmt, die großen Katastrophen der Erde sind, was die Tiere der Vorwelt vertilgt hat, sondern daß viele diese überlebt haben, und daß sie vielmehr deswegen aus der jetzigen Natur verschwunden sind, weil die Arten, zu welchen sie gehörten, den Kreislauf ihres Daseins vollendet haben und in andere Gattungen übergegangen sind“[24]).

Die Auffassung von Treviranus über die Ursachen der Entwicklung ist ausgesprochen in den beiden folgenden Sätzen: „Jede Untersuchung über den Einfluß der gesamten Natur auf die lebende Welt muß von dem Grundsatz ausgehen, daß alle lebenden Gestalten Produkte physischer, noch in jetzigen Zeiten stattfindender und nur dem Grade oder der Richtung nach veränderter Einflüsse sind.“ „In jedem lebenden Wesen liegt die Fähigkeit zu einer endlosen Mannigfaltigkeit der Gestaltungen; jedes besitzt das Vermögen, seine Organisation den Veränderungen der äußeren Welt anzupassen, und dieses durch den

---

22) Biologie II, 1803, S. 25. — 23) Biologie III, 1805, S. 3: Drittes Buch: Revolutionen der lebenden Natur. — 24) Biologie III, 1805, S. 224 ff.

Wechsel des Universums in Tätigkeit gesetzte Vermögen ist es, was die einfachen Zoophyten der Vorwelt zu immer höheren Stufen der Organisation gesteigert und eine zahllose Mannigfaltigkeit in die lebende Natur gebracht hat"[25]).

Zu denjenigen, die an eine reale Deszendenz glaubten, gehörte auch Etienne Geoffroy de Saint-Hilaire (1772—1844) in Frankreich[26]). Die Ursache der Umänderung findet er in der direkten Einwirkung der Umwelt (monde ambiant). Die Umänderung erfolgt nach seiner Meinung nicht allmählich, sondern sprungweise, so daß z. B. aus dem Ei eines Reptils direkt ein Vogel hervorgehen könne.

Der entschiedenste Deszendenztheoretiker zwischen Lamarck und Darwin ist Robert Chambers, ein Londoner Buchhändler, der im Jahre 1844 das merkwürdige Buch „Vestiges of the natural History of Creation", eine „Natürliche Schöpfungsgeschichte" veröffentlichte[27]). Darwin sagt von ihm: „Nach meiner Meinung hat es in England vortreffliche Dienste geleistet, indem es die Aufmerksamkeit auf den Gegenstand lenkte, Vorurteile beseitigte und so den Boden für die Aufnahme ähnlicher Ansichten vorbereitete"[28]). Mit großer Klarheit und Geschicklichkeit erörterte Chambers die seit Lamarck in der Geologie und Biologie zu Tage geförderten Tatsachen, welche die Umwandlung der Arten und ihre geologische Entwicklung zu beweisen geeignet waren. Die Aufeinanderfolge der Fossilien in den geologischen Formationen, die morphologische Einheit der tierischen Organisation, die rudimentären Organe, die Ontogenie, die Modifizierbarkeit der Spezies, die Unsicherheit der Spezies-Charaktere: all das wird ausführlich dargelegt, um „in der Entwicklung das Prinzip kennen zu lehren, welches unmittelbar und hauptsächlich bei Bevölkerung der Erde in Betracht kam; ein Prozeß, der ungeheure Zeiträume hindurch gedauert hat, aber gleichwohl mit dem kürzeren Verfahren, durch welches ein Einzel-

[25]) Biologie II, S. 264; III, 423. — [26]) Sur le principe de l'unité de composition organique, Paris 1828, Principes de Philosophie Zoologique, 1830; Influence du monde ambiant pour modifier les formes animales. Mém. de l'Acad. des Sciences XII, 1833, S. 63. — [27]) Das Buch erschien zuerst anonym und erregte großes Aufsehen; 1853 erschien die 10. Auflage; 1884 die 12. unter Chambers Namen. Nach der 6. englischen Auflage wurde es von Carl Vogt ins Deutsche übersetzt: Natürliche Geschichte der Schöpfung des Weltalls, der Erde und der auf ihr befindlichen Organismen, begründet auf die durch die Wissenschaft errungenen Tatsachen. 1851. Über die „Vestiges" s. A. O. Lovejoy, The Argument for organic Evolution befor „The Origin of Species". Popular Science Monthly, Nov. und Dec. 1909. S. 499 und 537. — [28]) Darwin, Entstehung der Arten. Historische Skizze.

wesen von einem bloßen Keim aus ins Leben gerufen wird, in Verbindung steht".

Die Ursachen der Entwicklung sucht Chambers, ähnlich wie Lamarck, erstens in einem in den Lebensformen selbst liegenden Trieb, sich durch gewisse Organisationsgrade hindurch zu entwickeln, zweitens in einem andern Trieb, der im Verlauf der Generationen die organischen Strukturen zu modifizieren suche und zwar in Übereinstimmung mit äußeren Verhältnissen. Er setzt die Phylogenie in genaue Parallele mit der Ontogenie (S. 389) und meint, es sei nur nötig, daß der gerade fortschreitende Teil der Schwangerschaft, z. B. eines Fisches, über einen kleinen Raum hingehalten werde, damit aus einem Fischembryo ein Reptil entstehe. Einen Beweis für diese Ansicht findet er in der Verwandlung einer Kaulquappe — eines Fisches nach seiner Meinung — in einen Frosch, eine Entwicklung, die ausbleibe, wenn die Kaulquappen in einer dunklen, unter das Wasser versenkten und mit Löchern versehenen Büchse gehalten werden: „Die Tiere wachsen wohl, aber die Verwandlung, zu der sie bestimmt sind, erfahren sie nicht; sie werden gigantische Quappen, aber ihr Reptiliencharakter entwickelt sich nicht. Hier wird das Erzeugnis eines Reptils buchstäblich ein Fisch, und der Speziesübergang ist vollständig realisiert, obgleich in rückschreitender Richtung."

Die „Vestiges of Creation" hatten den Keim der Entwicklungsidee in England ausgestreut und hier entwickelte er sich zuerst. Noch im Jahre 1844 schrieb Darwin eine ausführliche Skizze seiner Theorie nieder, wahrscheinlich veranlaßt durch die „Vestiges"[29]. Um das Jahr 1845 taucht bei Herbert Spencer zum erstenmal die Idee der organischen Entwicklung auf[30]. Im März 1852 veröffentlichte dann Spencer einen kleinen Aufsatz im „Leader" unter dem Titel: „The Development Hypothesis". Darin stellt er der Behauptung: es seien keine Fälle bewiesen, wo eine neue Art durch stufenweise Veränderung entstanden sei, die Tatsache entgegen, daß das Entstehen einer Art durch Urzeugung noch niemals beobachtet wurde. Die Hypothese einer Sonderschöpfung aber bedeute einfach Unwissenheit im Scheine der Wissenschaft. Überdies sei dieser angenommene Vorgang der

29) Vgl. darüber: The foundations of the Origin of Species. Two Essays written in 1842 and 1844 by Ch. Darwin. Ed. by F. Darwin, Cambridge 1909. Deutsch von M. Semon, 1911. — 30) Vgl. H. Spencer, Autobiographie. Deutsch von L. und H. Stein, 1905, I, S. 172; für das folgende S. 243.

Sonderschöpfung nicht nur unbegründet; er könne auch gar nicht auf dem Vernunftwege begriffen werden. Der Entwicklungsprozeß durch stufenweise Umwandlung dagegen sei überall in der sichtbaren Veränderung von Organismen infolge veränderter Bedingungen erkennbar. Spencer wies darauf hin, daß andere Erscheinungen, wie sie sich uns z. B. in der Geometrie darbieten, zeigen, daß durch eine Folge von unendlich kleinen Veränderungen eine so große Umgestaltung der Form bewirkt werden kann, daß die äußersten Enden dieser Entwicklungsreihe gar keine Beziehung mehr zueinander zu haben scheinen. Auf diese Weise sei es leicht möglich, daß anscheinend ganz ungleichartige Organismen durch unmerklich kleine Abstufungen verbunden sein könnten. Der Aufsatz schließt mit dem Hinweis, daß während des Wachstums eines Samens zu einer Pflanze oder eines Eies zu einem ausgewachsenen Tier eine nicht weniger verwickelte und nicht weniger wunderbare Verwandlung stattfinde als diejenigen sind, wie sie der Entwicklungshypothese zufolge Generationen hindurch während Millionen von Jahren in den Organismen stattgefunden haben; dieser Glaube sei demnach ganz vernunftgemäß.

Eine vollkommen „darwinistische" Abhandlung „über Beständigkeit und Umwandlung der Arten" schrieb im Jahre 1853 der Bonner Gelehrte Hermann Schaaffhausen[31]. Seine Untersuchungen führten ihn zu folgenden Sätzen: Die Unveränderlichkeit der Art, die von den meisten Forschern als ein Naturgesetz betrachtet wird, ist nicht erwiesen, denn es gibt keine bestimmten und unveränderlichen Kennzeichen der Art, und die Grenze zwischen Art und Abart ist schwankend und unsicher. Der Einwurf, daß keine bekannte Tatsache für eine Umwandlung der Arten spreche, ist zum Teil unwahr, weil das Entstehen der Spielarten oder Varietäten ein Anfang von Umbildung ist, zum Teil deshalb ohne Bedeutung, weil die Physiologie so gut wie die Geologie zur Erklärung der Naturerscheinungen Hunderttausende von Jahren mit in Rechnung bringen darf. Indem die ganze Frage die größte Wichtigkeit gerade erst durch das Verhältnis der vorweltlichen Organismen zu den jetzt lebenden erhält, so handelt es sich zunächst um die dem gegenwärtigen Zustande der Dinge vorausgegangene Zeit, und hier sprechen die Tatsachen mehr und mehr überzeugend für einen allmählichen Übergang. Was für die der Forschung

---

[31]) Verhandlungen des naturhistorischen Vereins der preußischen Rheinlande und Westfalens, 10. Jahrg. 1853, S. 420.

am meisten zugänglichen jüngsten Alter der Vorwelt gilt, hat aber auch wohl für die früheren Geltung, und dann erscheint die ganze Schöpfung als eine durch Fortpflanzung und Entwicklung zusammenhängende Reihe von Organismen.

Den inneren Bildungstrieb, den Franz Unger (S. 331) für die Entwicklung der Pflanzen verantwortlich macht, lehnt Schaaffhausen ab. Wenn die Pflanze blüht, so möge man das die Entwicklung eines inneren Lebenstriebes nennen, aber sie blühe nicht ohne Wärme und Licht. Wie die Abarten durch den Einfluß veränderter Lebensbedingungen entstehen, so können die Arten, wenn man sie aus anderen Arten ableiten will, nur ebenso entstanden sein. Hält man mit Unger die äußeren Verhältnisse für die Bedingungen, unter welchen das Entwicklungsprinzip sich zu äußern im stande ist, so muß man zugeben, daß mit veränderten Bedingungen auch die Entwicklung verändert wird.

Auch die Lehre von den fortschreitenden Tendenzen, nach welcher die einzelnen Teile der Tiere sich durch Übung und Gewohnheit umgestaltet haben, hat nach Schaaffhausen nur Sinn und Verstand, wenn man sich eine allmähliche Anpassung an die äußeren Verhältnisse vorstellt. Der Organismus hat keine Triebe, die nicht in seiner Organisation begründet sind. Auch hier kann nicht ein innerer Bildungstrieb, sondern nur die Biegsamkeit der organischen Natur unter veränderten Lebensumständen und unter der Wirkung langer Zeiträume Umwandlungen hervorgebracht haben. Allmähliche Abkühlung des Planeten, Veränderung der Zusammensetzung der Atmosphäre und der Erdoberfläche, andere Verteilung von Land und Meer, fortgesetzte Hebung des Landes, Bildung von Bergketten und Flußtälern und davon abhängiger größerer Unterschied der Wärme und Feuchtigkeit in verschiedenen Gegenden, Senkung des früher gehobenen Landes, wiederholter Wechsel von Süßwasser- und Meeresbedeckung: dies sind nach Schaaffhausen die veränderten Lebensbedingungen für die organische Welt. Dazu kommt die Abhängigkeit der Tiere von den Pflanzen und der Lebenskampf derselben unter sich.

Johannes Müller hatte das Entstehen der Arten als jenseits aller Naturforschung liegend bezeichnet. „Nur wenn man die Arten für unveränderlich hält, sagt Schaaffhausen dazu, ist dieser Ausspruch gerechtfertigt; haben wir uns aber von der Wandelbarkeit derselben überzeugt, so kann von einem neuen Entstehen der Tiere

und Pflanzen in dem gewöhnlichen Sinne nicht die Rede sein, sondern dieselben erscheinen als eine zusammenhängende Reihe von aus einander entwickelten Gestalten. Es ist der Zukunft vorbehalten, für diese Ansicht der Natur, die fast nur die Mißbilligung der Forscher erfahren, mehr Beweise beizubringen, als sich bis jetzt aus der vorurteilsfreien Betrachtung der vorhandenen Tatsachen gewinnen lassen."

Charles Darwin.

Als Schaaffhausen den eben zitierten Satz niederschrieb, war die Zukunft schon Gegenwart geworden. In den Jahren 1832—1836 hatte ein junger Engländer, Charles Darwin (1809—1882), als Naturforscher an einer Weltumseglung des englischen Schiffes „Beagle" teilgenommen, damals noch vollkommen beherrscht vom Glauben an die Unveränderlichkeit der Art. Als er Südamerika erreichte, war er in hohem Grade überrascht von der Art und Weise, wie sich die Tierwelt veränderte, je weiter er nach Süden vordrang: immer andere, aber doch den unmittelbar vorhergehenden immer noch verwandte Formen folgten aufeinander. Eine zweite Überraschung verursachten ihm die fossilen Tiere in den Pampas, die augenscheinlich mit noch lebenden verwandt und doch verschieden waren. Eine dritte endlich die Bemerkung, daß die Organismen der Galapagos-Inseln denen des amerikanischen Kontinents verwandt und doch auch wieder anders waren (S. 278). Diese Tatsachen schienen ihm einiges Licht auf den Ursprung der Arten zu werfen, „dies Geheimnis aller Geheimnisse, wie es einer unserer größten Philosophen genannt hat". Nach seiner Heimkehr im Jahr 1837 kam er auf den Gedanken, daß sich etwas über diese Frage müsse ermitteln lassen durch geduldiges Sammeln und Erwägen aller Arten von Tatsachen, welche möglicherweise in irgend einer Beziehung zu ihr stehen konnten. Nachdem er fünf Jahre lang in diesem Sinne gearbeitet hatte, glaubte er „eingehender über die Sache nachdenken zu dürfen" und schrieb nun einige kurze Bemerkungen darüber nieder; im Jahre 1844 wurde diese Skizze weiter ausgeführt (vgl. Anm. 28). „Von dieser Zeit an bis jetzt (1859) bin ich mit beharrlicher Verfolgung des Gegenstandes beschäftigt gewesen"[32]).

[32]) Ch. Darwin, On the Origin of Species by means of Natural Selection, or the Preservation of favoured Races in the Struggle for Life. London 1859. Deutsch von H. G. Bronn: Über die Entstehung der Arten durch natürliche Züchtung, oder Erhaltung der vervollkommneten Rassen im Kampfe ums Dasein, 1860.

Inzwischen war auch Alfred Russel Wallace (1823—1913) vor allem durch biogeographische Tatsachen zu deszendenz-theoretischen Gedanken geführt worden[33]). Nach weiteren Studien auf den malayischen Inseln sandte er im Jahre 1858 an Darwin eine Abhandlung „über die Tendenz der Varietäten, unbegrenzt von dem Originaltypus abzuweichen", worin er hinsichtlich der Ursachen der Entwicklung ganz ähnliche Gedanken äußerte, wie sie Darwin selbst schon längst gehegt und niedergeschrieben hatte. Nunmehr veröffentlichte Darwin sein berühmtes Werk „über die Entstehung der Arten", durch welches die Entwicklungslehre auf biologischem Gebiet, die Deszendenz-Theorie oder Abstammungslehre, endgültig sichergestellt wurde. Die Tatsachen der geologischen Aufeinanderfolge der organischen Wesen, ihrer geographischen Verbreitung und systematischen Klassifikation, die Tatsachen der Morphologie und der Embryologie wurden hier von Darwin in einer solchen Fülle beigebracht und zu einem so überzeugenden Indizienbeweis zusammengestellt, daß ein Zweifel an der Abstammungslehre nicht mehr möglich war.

In der Absicht, über die Ursachen der Abänderung der Arten ins Klare zu kommen, studierte Darwin zunächst die Erzeugnisse der Domestikation, der Tier- und Pflanzenzüchtung, da ihm hier eine Menge von Varietäten entgegentrat. Seit unendlich langer Zeit — so sein Gedankengang[34]) — hat der Mensch in allen Teilen der Welt viele Tiere und Pflanzen der Domestikation oder Kultur unterworfen. Aber nur irrtümlich kann man sagen, der Mensch „spiele" mit der Natur und „erzeuge" Variabilität. Wenn die organischen Wesen nicht eine inhärente Neigung zu variieren besäßen, würde der Mensch nichts ausrichten können. Er setzt, absichtlich oder unabsichtlich, seine Tiere und Pflanzen verschiedenen Lebensbedingungen aus und die Variabilität erscheint, die er nicht einmal verhindern oder aufhalten kann. Aber er kann die ihm von der Natur gebotenen Variationen beliebig auswählen, zur Fortpflanzung bringen und wieder auswählen, und

---

[33]) Über das Gesetz, welches die Einführung neuer Arten reguliert hat. Annals and Magazine of Natural History, Sept. 1855. Deutsch von A. B. Meyer in: A. R. Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl, 1870, S. 1.; ebenda S. 30, auch die weiterhin erwähnte Abhandlung, die zuerst im „Journal of the Proceedings of the Linnean Society", August 1858 erschien. — [34]) Ch. Darwin, Das Variieren der Tiere und Pflanzen im Zustande der Domestikation; 1868. Deutsch von J. V. Carus, Einleitung. Ähnlich in einem Brief an den Botaniker Asa Gray, 5. September 1857.

indem er in dieser Weise Variationen, die oft so unbeträchtlich sind, daß sie ein ungeübtes Auge kaum bemerkt, anhäuft, gelangt er zu wunderbaren Veränderungen und Verbesserungen. Die Zuchtwahl (Selektion) des Menschen wirkt also durch Anhäufung mehr oder weniger bedeutender Abänderungen, die ihrerseits durch die Natur des Organismus sowie durch äußere Verhältnisse bedingt sind. Diese Veränderungen wirken teils direkt umändernd auf die Organismen, teils indirekt durch Umänderung der Gewohnheiten und den dadurch bedingten vermehrten Gebrauch oder Nichtgebrauch von Teilen[35]). Die Variationen sind meist fluktuierend, zuweilen sprunghaft; ihre Richtung ist in der Regel unbestimmt, allseitig, zuweilen bestimmt.

Organische Wesen variieren infolge derselben Ursachen auch im Naturzustand. Wie aber entstehen aus den Varietäten die Arten? Die Antwort Darwins lautet: Durch natürliche Zuchtwahl (natural selection), durch die Selektion, welche die Natur selbst ausübt. Zu dieser Antwort führte ihn das Studium eines Buches des Nationalökonomen Malthus „über die Bevölkerung" (1798), worin dieser die These vertrat, daß die Menschen die Tendenz haben, sich in geometrischer Progression zu vermehren, während die Unterhaltsmittel nur in arithmetischer Reihe zunehmen könnten. Die daraus entstehende Übervölkerung führe zu Krankheit, Elend und Vergrößerung der Sterblichkeit, wenn der Mensch nicht so vernünftig sei, seiner Zunahme selbst eine Grenze zu setzen. Darwin übertrug die Lehre von Malthus auf die Verhältnisse im Tier- und Pflanzenreich. Er folgert: Jedes Lebewesen vermehrt sich in einem solchen Maße, daß in wenigen Jahren, oder höchstens in einigen Jahrhunderten, die Oberfläche der Erde nicht ausreichen würde, die Nachkommen auch nur eines einzigen Paares zu fassen. Das unvermeidliche Resultat einer solchen übermäßigen Vermehrung ist ein unaufhörlicher Kampf ums Dasein (struggle for life). In diesem Kampf siegt derjenige, der in irgend einer Weise seinen Mitbewerbern überlegen ist, in seiner Struktur, seiner Konstitution, seinen Instinkten den Erfordernissen des Daseinskampfes am besten entspricht. Dies nennt Darwin „natürliche Selek-

---

[35]) Die Wirkungen der Gewöhnung und des Gebrauchs oder Nichtgebrauchs der Teile hat Darwin im 1. und im 5. Kap. der Entstehung der Arten erörtert; in den Schlußbemerkungen kommt er darauf zurück, ganz ausführlich in dem Buch über das Variieren der Tiere und Pflanzen.

tion"; Herbert Spencer gebraucht für dieselbe Idee den Ausdruck „Überleben des Passendsten" (survival of the fittest).

Darwin selbst bemerkt, daß der Ausdruck „natürliche Zuchtwahl" in mancher Beziehung nicht gut sei, da er eine bewußte Wahl zu bezeichnen scheine. Aber „davon wird man nach kurzer Gewöhnung absehen. Niemand wirft dem Chemiker vor, daß er von Wahlverwandtschaft spricht, und es hat doch sicher eine Säure nicht mehr Wahl, wenn sie sich mit einer Base verbindet, als die Lebensbedingungen haben, wenn sie bestimmen, ob eine neue Form erhalten und zur Nachzucht ausgewählt werden soll oder nicht. Der Ausdruck ist insofern ein guter, als er die Erzeugung domestizierter Rassen durch das Vermögen des Menschen zur Zuchtwahl mit der natürlichen Erhaltung von Varietäten und Arten im Naturzustande in Zusammenhang bringt. Der Kürze wegen spreche ich zuweilen von der natürlichen Zuchtwahl, wie von einem geistigen Vermögen, in derselben Weise, wie die Astronomen von der Gravitation sagen, sie dirigiere die Bewegungen der Planeten, oder wie Landwirte sagen, daß der Mensch die Haustierrassen durch seine Zuchtwahl hervorbringe. In dem einen wie in dem andern Falle ist durch Zuchtwahl nichts ohne die Variabilität zu erreichen, und diese hängt in irgend einer Weise von der Einwirkung der umgebenden Verhältnisse auf den Organismus ab. Ich habe auch oft das Wort Natur personifiziert; denn es ist, wie ich gefunden habe, schwer, diese Zweideutigkeit ganz zu vermeiden. Ich verstehe aber unter Natur nur die zusammengesetzte Wirkung und das Produkt vieler natürlicher Gesetze, und unter Gesetz nur die ermittelte Aufeinanderfolge von Erscheinungen"[36].

Auch mit dem Ausdruck „Kampf ums Dasein" (struggle for existence) ist Darwin nicht ganz zufrieden. Er schreibt darüber am 30. März 1869 an den Physiologen Wilhelm Preyer: „Hinsichtlich des Ausdrucks struggle for existence habe ich stets einige Zweifel empfunden, war aber nicht imstande, eine bestimmte Grenze zwischen den beiden darin enthaltenen Ideen zu ziehen. Ich vermute, daß der deutsche Ausdruck „Kampf ums Dasein" nicht ganz dieselbe Idee wiedergibt. Die Worte struggle for existence drücken, wie ich glaube, genau dasselbe wie Konkurrenz aus. Es ist im Englischen korrekt, zu sagen,

[36]) Das Variieren der Tiere und Pflanzen, Einleitung. Vgl. auch Entstehung der Arten, 4. Kap.

daß zwei Menschen struggle for existence, die etwa in einer Hungersnot denselben Nahrungsmitteln nachjagen, und ebenso wenn ein einzelner Mensch nach Nahrung jagt; auch kann gesagt werden, daß ein Mensch, wenn er schiffbrüchig ist, gegen die Wellen der See struggles for existence.“ Auch in der „Entstehung der Arten (3. Kap.) bemerkt Darwin, daß er den Ausdruck „struggle for existence“ in einem weiten und metaphorischen Sinn gebrauche. „Man kann mit Recht sagen, daß zwei hundeartige Raubtiere in Zeiten des Mangels um Nahrung und Leben miteinander kämpfen.“ Dieser Kampf braucht durchaus kein direkter zu sein, so daß beide ihre Kräfte in einem Ringkampf messen; er ist indirekt, wenn das eine Tier auf irgend eine Weise die vorhandene Nahrung zu erlangen vermag, so daß für das andere wenig oder nichts mehr übrig bleibt. „Man kann auch sagen, eine Pflanze kämpfe am Rande der Wüste um ihr Dasein gegen die Trockenheit, obwohl es angemessener wäre, zu sagen, sie hänge von der Feuchtigkeit ab.“ In der Tat bezeichnet der Ausdruck „struggle for existence“ in Darwins Sinn nichts anderes als das Abhängigkeits-Verhältnis der Lebewesen von ihren Existenz-Bedingungen, die teils in ihnen selbst, teils in ihrer lebenden oder nichtlebenden Umwelt liegen. Die Abhängigkeit bedeutet Erhaltung, wenn die Lebewesen mit ihren äußeren Existenzbedingungen im Einklang stehen, ihnen angepaßt sind, oder wenn diese Anpassung durch eine Veränderung des Organismus, oder durch eine Veränderung der Umwelt, oder durch beides herbeigeführt wird. Sie bedeutet Bedrohung und Vernichtung, wenn dieser Einklang nicht vorhanden ist, oder wenn er gestört wird und nicht wieder hergestellt werden kann.

In dem unaufhörlichen „Kampf ums Dasein“ werden Abänderungen, wie gering und auf welche Weise sie auch entstanden sein mögen, die Erhaltung der abgeänderten Individuen begünstigen, wenn sie für die Individuen einer Spezies in deren unendlich verwickelten Beziehungen zu andern organischen Wesen und zu den physikalischen Lebensbedingungen einigermaßen vorteilhaft sind. Kann sich das begünstigte Individuum erhalten, so kann es sich in der Regel auch fortpflanzen, und seine vorteilhaften Abänderungen werden nach Darwins Annahme „meistens durch Vererbung auf die Nachkommen übertragen“. Die in gleichem Sinne fortwirkende Selektion vergrößert den Vorteil und entfernt zugleich das betreffende Individuum immer mehr von seiner Stammform. Wirkt die Selektion auf die Abkömmlinge einer Spezies in verschiedener Weise ein, so entsteht eine „Divergenz des Cha-

rakters". Diese Divergenz des Charakters wird von der Selektion begünstigt, denn je weiter die Abkömmlinge einer Spezies in Bau, Konstitution und Lebensweise auseinandergehen, um so besser sind sie geeignet, viele und verschiedenartige Stellen im Haushalt der Natur einzunehmen und somit den Kampf mit den früheren Artgenossen zu vermindern oder ganz außer Kraft zu setzen. „Auf diese Weise streben die kleinen Verschiedenheiten zwischen den Varietäten einer und derselben Spezies dahin, stets größer zu werden, bis sie den größeren Verschiedenheiten zwischen den Arten einer Gattung oder selbst zwischen verschiedenen Gattungen gleichkommen." So entstehen aus Varietäten Arten, denn Arten unterscheiden sich von Varietäten nur durch etwas größere Verschiedenheit ihrer Charaktere, Varietäten sind beginnende Arten. Begünstigt wird dieser Artbildungs-Prozeß dadurch, „daß alle Zwischenformen zwischen den früheren und späteren, das ist zwischen den weniger und mehr verbesserten Zuständen einer und derselben Art, sowie die ursprüngliche Stammart selbst, zum Erlöschen geneigt sind. Denn da in jeder vollständig bevölkerten Gegend natürliche Zuchtwahl notwendig dadurch wirkt, daß die gewählte Form im Kampf ums Dasein irgend einen Vorteil vor den übrigen Formen voraushat, so wird in den verbesserten Abkömmlingen einer Art ein beständiges Streben vorhanden sein, auf jeder ferneren Generationsstufe ihre Vorgänger und ihren Urstamm zu ersetzen und zum Aussterben zu bringen."

Dies die Selektions-Theorie Darwins, wie sie ähnlich auch Alfred Russel Wallace begründet hatte, beeinflußt wie Darwin durch Malthus. Aber während Darwin die Lamarckschen Faktoren, die direkte Einwirkung der Verhältnisse, sowie die umändernde Wirkung des Gebrauchs und Nichtgebrauchs, in seine Theorie aufnahm, betrachtet Wallace die Selektion als den allein wirksamen Entwicklungsfaktor[37]).

Man hat oft behauptet — und behauptet noch — der Titel von Darwins Buch: „Die Entstehung der Arten durch natürliche Zuchtwahl" sei verfehlt, da ja der auslesende Kampf ums Dasein keine Arten schaffen könne. Mir scheint, man hat da Darwin nicht verstanden; die Varietäten entstehen, wie er oft genug betont, allerdings nicht durch natürliche Zuchtwahl, aber aus den Varietäten

---

[37]) A. R. Wallace, Über die Tendenz der Varietäten, unbegrenzt von dem Originaltypus abzuweichen (1858); in A. R. Wallace, Beiträge zur Theorie der natürlichen Zuchtwahl. Deutsch von A. B. Meyer, 1870; Darwinism, an exposition of the Theorie of natural Selection. London 1889, deutsch 1891.

entstehen durch die divergierende und die verbindenden Zwischenformen vernichtende Auslese die Arten, die wir eben nur deswegen als getrennte Gruppen der Systematik auffassen, weil die verbindenden Varietäten augenblicklich fehlen. Darwins Titel trifft also die Sache, die er meinte, vollkommen.

Nach Darwin.

Bronn konstatiert im Schlußwort zu seiner Übersetzung von Darwins „Entstehung der Arten“: „Die bisherigen Versuche, jenes Problem (vom Werden und Sein der Organismenwelt) ganz oder teilweise zu lösen, waren Einfälle ohne alle Begründung und nicht fähig, eine Prüfung nach dem heutigen Stande der Wissenschaft auszuhalten, ja nur zu veranlassen.“ Das Zeugnis dieses wie anderer Zeitgenossen spricht durchaus für Tschuloks Behauptung, die er in eingehender Beweisführung begründet, daß Darwin der einzige und wahre Begründer der gesamten biologischen Entwicklungslehre sei[38]). Hatte ihm auch mancherlei vorgearbeitet — die Fortschritte der Kenntnisse und Erkenntnisse in den einzelnen Gebieten der Biologie, Robert Mayers Erörterungen über das Gesetz von der Erhaltung der Kraft, die materialistische Bewegung der fünfziger Jahre — so war er es doch, der die Beweise für die Abstammungslehre in einer Form zusammenstellte und erörterte, die den wissenschaftlichen Anforderungen Genüge leistete und einer kritischen Prüfung Stand zu halten vermochte.

Zunächst hatte die Abstammungslehre noch einen heftigen Kampf ums Dasein zu bestehen, der jedoch bald zu ihren Gunsten entschieden war, in England hauptsächlich unter dem Beistand von Thomas Henry Huxley (1825—1895), in Deutschland unter dem Ernst Haeckels (geb. 1834). Frankreich verhielt sich unter der Führung von Flourens (1794—1867), des beständigen Sekretärs der Pariser Akademie, völlig ablehnend.

Während Huxley die Entwicklungslehre Darwins in scharfer und geistreicher Polemik gegen Angriffe verteidigte und Darwin selbst die Einwendungen gegen seine Theorie in den späteren Auflagen seines Buches in ruhiger Objektivität erörterte, brachte sie Haeckel in ein logisches System, indem er sie zugleich für die allgemeine Welt-

---

[38]) S. Tschulok, Zur Methodologie und Geschichte der Deszendenztheorie. Biolog. Centralblatt, Bd. 28, 1908, S. 4, 33, 73 und 97.

anschauung fruchtbar machte[39]). Vor allem aber baute Haeckel die spezielle Abstammungslehre aus, die Phylogenie, welche Darwin ganz und gar vernachlässigt hatte.

Für Haeckel sind Vererbung und Anpassung (Variation) die beiden gestaltenden Prinzipien, aus deren Wechselwirkung die ganze Mannigfaltigkeit der Organismenwelt hervorgeht. Die Vererbung beruht auf der materiellen Kontinuität des elterlichen und kindlichen Organismus, die in der Fortpflanzung gegeben ist; die Anpassung oder Veränderung hat ihren Grund in der materiellen Wechselwirkung zwischen dem Organismus und der ihn umgebenden Außenwelt und wird vermittelt durch die physiologische Funktion der Ernährung, durch den unendlich komplizierten und verschiedenartigen Stoffwechsel, in dem die Plasma-Moleküle mit den verschiedenen Stoff-Molekülen ihrer Umgebung stehen. In der Selektion durch den Kampf ums Dasein sieht Haeckel den regelnden und richtenden Faktor der Entwicklung. Deszendenz- wie Selektions-Theorie bedürfen nach Haeckels Meinung keiner Beweise mehr; sie sind nichts anderes als die denkende Verknüpfung historischer Tatsachen.

Die Deszendenztheorie war infolge der überzeugenden Darlegungen Darwins, Huxleys und Haeckels bald zu einem festen Besitztum der Wissenschaft geworden. Nicht so die Selektions-Theorie Darwins. Die Art und Weise der Deszendenz sowie die Kausalität der Artbildung blieb umstritten bis auf den heutigen Tag[40]).

Darwin hatte angenommen, daß die Varietäten und aus diesen die Arten in der Regel mittelst ganz allmählicher unmerklicher Übergänge entstehen. Demgegenüber suchte Albert Kölliker schon 1864 eine „Theorie der heterogenen Zeugung" zu begründen, nach welcher „unter dem Einfluß eines allgemeinen Gesetzes die Geschöpfe aus von ihnen gezeugten Keimen andere abweichende hervorbringen". Es er-

[39]) Vgl. Th. H. Huxley, Collected Essays Bd. II, Darwiniana. London 1893; E. Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen. Allgemeine Grundzüge der organischen Formenwissenschaft, mechanisch begründet durch die von Charles Darwin reformierte Deszendenz-Theorie. 2 Bde. 1866. — [40]) Es ist unmöglich, die Darwinistischen Streitfragen, deren Erörterung eine ganze Bibliothek füllt, hier in extenso darzulegen. Die beste und ausführlichste Darstellung derselben findet man bei L. Plate, Selektionsprinzip und Probleme der Artbildung. Ein Handbuch des Darwinismus. 4. A. 1913. Vgl. auch J. P. Lotsy, Vorlesungen über Deszendenz-Theorien mit besonderer Berücksichtigung der botanischen Seite der Frage. 2. Bde. 1906 und 1908; K. C. Schneider, Einführung in die Deszendenztheorie. 2. A. 1911.

scheint ihm z. B. nicht unmöglich, daß aus dem Ei eines Perennibranchiaten einmal ein triton- oder salamanderähnliches Geschöpf oder ein schwanzloser Lurch hervorgehe[41]). Bateson erklärte sich 1894 nach dem Studium von Variationen für die Diskontinuität der Arten und Varietäten; Korschinsky entwickelte 1899 eine Theorie der „Heterogenesis", nach welcher alle einmal gebildeten Arten konstant sind, zuweilen aber sich von ihnen unvermittelt neue Formen abspalten. Endlich begründete im Jahre 1901, nach langjährigen Experimenten und Beobachtungen, der holländische Botaniker Hugo de Vries eine „Mutations-Theorie", die in ihrem wesentlichen Ergebnis — sprungweise Entstehung und Konstanz der Arten — mit der Heterogenesis-Theorie von Korschinsky übereinstimmt[42]).

Darwin hatte als wesentlichen Faktor der Artbildung die natürliche Züchtung durch den Kampf ums Dasein betrachtet. Wilhelm Roux übertrug 1881 das Züchtungsprinzip Darwins auch auf die einzelnen Teile des Organismus, auf die Plasson-Moleküle oder Plastidule, die Zellen, Gewebe und Organe, August Weismann 1896 auf die Determinanten und Biophoren des Keimplasmas[43]).

Darwin hatte neben dem Selektionsprinzip auch den vererbten Einwirkungen der Umgebungsbedingungen, sowie des Gebrauchs und Nichtgebrauchs der Teile eine bestimmende Mitwirkung bei der Artbildung zugeschrieben, ja ausdrücklich die aus irgendwelchen Ursachen eintretende Variabilität der Organismen als Voraussetzung der Selektion bezeichnet[44]). Wilhelm Roux wies mit Nachdruck auf die hohe

---

[41]) A. Kölliker, Über die Darwinsche Schöpfungstheorie. Zeitschrift für wissenschaftliche Zoologie, 14. Bd. 1864, S. 174. — [42]) W. Bateson, Materials for the study of Variation. London 1894; S. Korschinsky, Heterogenesis und Evolution. Naturwissensch. Wochenschrift, 14. Bd., Nr. 24, Juni 1899; H. de Vries, Die Mutationstheorie. Versuche und Beobachtungen über die Entstehung von Arten im Pflanzenreich. 2 Bde. 1901. — [43]) W. Roux, Der Kampf der Teile im Organismus, 1881; A. Weismann, Über Germinalselektion, 1896. — [44]) Völlig verfehlt ist deshalb die „Widerlegung von Darwins Zufallstheorie", die O. Hertwig in einem Buche über „Das Werden der Organismen" versucht hat, da sie von der irrtümlichen Annahme ausgeht, Darwin führe auch das Auftreten neuer Eigenschaften auf Selektion zurück. Was aber die „Zufallstheorie" Darwins betrifft, so genügt es, auf Darwins Worte selbst hinzuweisen: „Ich habe bisher von den Abänderungen zuweilen so gesprochen, als ob dieselben vom Zufall abhängig wären. Dies ist natürlich eine ganz inkorrekte Ausdrucksweise; sie dient aber dazu, unsere gänzliche Unwissenheit über die Ursache jeder besonderen Abweichung zu bekunden." (Entstehung der Arten, Anfang des 5. Kapitel.)

Bedeutung der funktionellen Anpassung hin (1881). Weismann führte alle Veränderungen der Organismen auf Veränderungen des Keimplasmas zurück, leugnete die Vererbung erworbener Eigenschaften gänzlich und prägte das Wort von der „Allmacht der Naturzüchtung". Herbert Spencer suchte dagegen die „Unzulänglichkeit der natürlichen Zuchtwahl" nachzuweisen, und Theodor Eimer die völlige „Ohnmacht der natürlichen Zuchtwahl"[45]).

Darwin schien hie und da die Entwicklung allzu einseitig nur von äußeren Faktoren abhängig zu machen, obwohl er deutlich genug sagt: „In allen diesen Fällen (der Abänderung) sind zwei Faktoren tätig: die Natur des Organismus, welcher der weitaus wichtigste der beiden ist, und die Natur der Bedingungen"[46]). Das „zufällige" Zusammentreffen beider Bedingungen machte jedoch für ihn die Variation in den meisten Fällen zu einem richtungslosen Vorgang. Lamarck hatte eine im Lebensstoff selbst liegende Tendenz zum geradlinigen Fortschritt in der Richtung auf zunehmende Komplikation angenommen (vgl. S. 475). Später waren es besonders Botaniker, die ein „inneres Entwicklungsprinzip" annehmen zu müssen glaubten. So behauptete Unger (1852), die Ursache der Metamorphose des Pflanzenreichs müsse eine innere, in den Pflanzen selbst liegende sein. Er will nicht in Abrede stellen, daß auch äußere Verhältnisse an der Veränderung der Typen teilgenommen haben, läßt sie jedoch nur als modifizierende Einflüsse gelten, die wohl Abarten hervorbringen, nicht aber zu einer wahren Verwandlung der Typen führen[47]). Auch Nägeli findet (1865) in den Organismen ein „Vervollkommnungs-Prinzip", welches bewirkt, „daß die individuellen Abänderungen nicht unbestimmt, nicht nach allen Seiten gleichmäßig, sondern vorzugsweise und mit bestimmter Orientierung nach oben, nach einer zusammengesetzteren Organisation zielen"[48]). Später (1884) verwahrte sich Nägeli gegen den inzwischen erhobenen Vorwurf, mit diesem Prinzip einen mystischen Faktor in die Biologie eingeführt zu haben. Es sei vielmehr mechanischer

---

[45]) A. Weismann, Die Allmacht der Naturzüchtung, 1893; H. Spencer, Biolog. Centralblatt, Bd. 13, 1893, S. 696, 705 u. 737; Th. Eimer, Die Entstehung der Arten auf Grund von Vererben erworbener Eigenschaften nach den Gesetzen organischen Wachsens. I, 1888; II. Orthogenesis der Schmetterlinge, ein Beweis bestimmt gerichteter Entwicklung und Ohnmacht der natürlichen Züchtung, 1897. — [46]) Entstehung der Arten, 5. Kap. — [47]) F. Unger, Versuch einer Geschichte der Pflanzenwelt, 1852, S. 344. — [48]) C. Nägeli, Entstehung und Begriff der naturhistorischen Art, 1865.

Natur und stelle das Beharrungsgesetz im Gebiete der organischen Entwicklung dar. „Sowie die Entwicklungsbewegung einmal im Gang ist, so kann sie nicht stillstehen, und sie muß in ihrer Richtung beharren. Vervollkommnung in meinem Sinne ist also nichts anderes als der Fortschritt zu komplizierterem Bau und zu größerer Teilung der Arbeit und würde, da man im allgemeinen geneigt ist, dem Worte mehr Bedeutung zu gewähren als dem ihm zu grunde liegenden Begriff, vielleicht besser durch das unverfängliche Wort Progression ersetzt“[49]). Der Ontogenetiker Carl Ernst von Baer glaubte die „Zielstrebigkeit“, die infolge der ererbten Anlagen der Eizelle in der Ontogenie wirklich bis zu einem hohen Grade vorhanden ist, auch in der erdgeschichtlichen Entwicklung der Tiere und Pflanzen wieder zu finden.[50]).

Haeckel fürchtet, daß wir durch Nägelis Annahme eines Vervollkommnungsprinzips auf die schiefe Ebene der Teleologie geraten, auf der wir rettungslos in den Abgrund dualistischer Widersprüche hinabgleiten und uns von der allein möglichen mechanischen Naturerklärung entfernen. „Wir können uns aber um so weniger zur Annahme eines solchen besonderen, bis jetzt ganz unerklärlichen Vervollkommnungsprinzips entschließen, als uns die Selektionstheorie die vorwiegend fortschreitende Richtung der Differenzierung durch die natürliche Züchtung ganz wohl erklärt, und als daneben die überall vorkommenden Rückbildungen zeigen, daß der Fortschritt keineswegs ein ausschließlicher und unbedingter ist“[51]).

Auch die Hilfshypothesen, die Darwin in Anspruch genommen hatte, insbesondere die Hypothese der geschlechtlichen Zuchtwahl, die wir schon bei seinem Großvater Erasmus fanden, unterlagen und unterliegen noch der Diskussion. Als neue Hilfshypothesen kamen die „Migrations-Theorie“ von Moritz Wagner (1868), die Hypothese der geographischen und physiologischen Isolation u. a. hinzu, nach welcher die Artbildung durch Wanderungen der Organismen und damit zusammenhängende Unmöglichkeit geschlechtlicher Vermischung abändernder Individuen begünstigt wird. Kurz: die Deszendenz-

---

[49]) C. v. Nägeli, Mechanisch-physiologische Theorie der Abstammungslehre, 1884, S. 12. — [50]) C. E. v. Baer, Reden II, 1876, S. 49: Über Zweckmäßigkeit oder Zielstrebigkeit überhaupt; S. 170: Über Zielstrebigkeit in den organischen Körpern insbesondere. — [51]) E. Haeckel, Generelle Morphologie II, 1866, S. 264.

Theorie, die Lehre von der natürlichen Entstehung der Arten aus anderen Arten steht unerschütterlich fest, ebenso fest die Selektions-Theorie in der bescheidenen Form, die ihr Darwin gegeben hat; aber das Wie und Warum der Artbildung steht noch in lebhaftester Diskussion, ist vielfach noch in Dunkel gehüllt. Das biogenetische Experiment allein scheint berufen zu sein, dieses Dunkel zu erhellen.

Experimentelle Biogenetik.

Vererbung und Anpassung die beiden Faktoren der Entwicklung; Vererbung als Erhaltung der Arteigenschaften in aufeinander folgenden Generationen, Anpassung (oder Variation) ihre Abänderung; jene beruhend auf der Kontinuität der organischen Materie, wie sie durch die Fortpflanzung gegeben ist, diese hervorgebracht durch den Stoffwechsel in der Wechselwirkung mit der Umwelt.

So hatte Ernst Haeckel 1866 die Auflösung des Entwicklungsproblems formuliert und versucht, die Wirkungsweise der beiden entwicklungsbestimmenden Faktoren in Vererbungs- und Anpassungs-Gesetzen auf den kürzesten Ausdruck zu bringen. Aber Vererbung und Anpassung sind äußerst komplexe Komponenten, die eine Analyse erfordern, ähnlich wie die zusammengesetzten Stoffe der Chemie; und wie hier, so konnte auch im Gebiete der Biologie die Analyse nur durch das Experiment erfolgen. Die biogenetischen Experimente, die hier in Betracht kommen, bezogen sich auf die Variabilität, auf die Vererbung und auf die Umbildung durch äußere Einflüsse.

Der belgische Naturforscher Lambert Quételet hatte gefunden, daß die zahlenmäßig ausdrückbaren Eigenschaften einer größeren Individuenzahl (Bestand, Bevölkerung, Population) um einen Mittelwert gruppiert sind, derart, daß dieser Mittelwert am häufigsten vertreten ist, während die Abweichungen nach Plus und Minus hinsichtlich der Individuenzahl, bei der sie auftreten, einen sehr gleichmäßigen Abfall zeigen. Quételet untersuchte z. B. die Länge von 26 000 amerikanischen Freiwilligen und fand, auf 1000 berechnet, folgende Zahlen:

Zoll:	60	61	62	63	64	65	66	**67**	68	69	70	71	72	73	74	75	76
Soldaten:	2	2	20	48	75	117	134	**157**	140	121	80	57	26	13	5	2	1

Zahlreiche Untersuchungen auf anderen Gebieten bestätigten das „Quételetsche Gesetz", das von Francis Galton und Karl Pearson in mathematische Form gekleidet und als „Galton-Kurve"

graphisch dargestellt wurde: Plus- und Minus-Variationen bilden, graphisch dargestellt, eine regelmäßig auf- und wieder absteigende Kurve, deren Gipfel von dem am häufigsten auftretenden Mittelwert eingenommen wird[52]). De Vries bestimmte u. a. die Länge der Bohnen einer bestimmten Bohnenrasse und fand folgende Zahlen:

Länge in mm:	8	9	10	11	**12**	13	14	15	16
Anzahl der Bohnen:	1	2	23	108	**167**	106	33	7	1

Der Mittelwert 12 tritt am häufigsten auf, nach Plus und Minus hin fällt die Anzahl ab.

Darwin hatte angenommen, daß die natürliche Zuchtwahl ebenso wie die künstliche mit solchen individuellen Variationen arbeite und in allmählicher Steigerung (oder Verminderung) eine neue Rasse erzeuge. In der Tat kann auch der Mittelwert durch Selektion extremer Varianten einer Population nach Plus und Minus verschoben werden, und Galton stellte fest, daß die Nachkommen in derselben Richtung vom Mittelwert oder Typus abweichen wie die Eltern, jedoch in geringerem Grade. Besäße dieses Galtonsche Regressionsgesetz uneingeschränkte Geltung, so müßte allerdings eine kontinuierliche Verschiebung des Typus möglich sein, wenn immer wieder die Nachkommen mit einem bestimmten Betrag der Plus- oder Minus-Variation zur Fortpflanzung ausgelesen würden. Es hat sich aber gezeigt, daß die Selektion den Mittelwert nur bis zu einem bestimmten Punkt zu verschieben vermag, und dann nicht weiter. Gewisse Maissorten z. B. haben in ihren Kolben 8 bis 18 Reihen von Körnern, und 12 ist die häufigste Zahl. Werden nun Kolben mit 16 Reihen zur Nachzucht verwendet, so weisen die Nachkommen 10 bis 22 Reihen auf, am häufigsten 14. Die Samen 20-reihiger Kolben ergeben Kolben mit 12 bis 24, meist mit 16 Reihen. Über 17 hinaus kann jedoch der Mittelwert nicht verschoben werden, der Mittelwert bleibt schließlich konstant. Zu dem gleichen Ergebnis kam man auch in anderen Fällen, z. B. bei der Zuckerrübe, deren Zuckergehalt durch fortgesetzte Selektion von Plusvarianten von 7 bis 8 auf 14 bis 16 Prozent gesteigert wurde und seitdem nicht höher gesteigert werden kann.

---

[52]) Vgl. Quételet, Anthropométrie, Paris 1871; F. Galton, Natural Inheritance, 1889; K. Pearson, The Grammar of Science, 2. A., 1900; W. Johannsen, Elemente der exakten Erblichkeitslehre, mit Grundzügen der biologischen Variationsstatistik. 2. A., 1913. — [53]) Über Erblichkeit in Populationen und reinen Linien. Ein Beitrag zur Beleuchtung schwebender Selektionsfragen, 1903.

Durch sorgfältige Experimente fand nun der Däne W. Johannsen[53]), daß eine Population, etwa der Bohnenbestand eines Beetes, z. B. in Hinsicht auf das Samengewicht eine eingipflige und symmetrische Variationskurve aufweisen und so scheinbar einen einheitlichen Typus darstellen, in Wirklichkeit aber aus einem Gemenge verschiedener wirklich einheitlicher Typen bestehen kann. Zum Nachweis dieser Tatsache züchtete er „reine Linien", indem er von einem einzelnen Individuum mit gleichartigem Genbestand ausging, dies durch Selbstbefruchtung fortpflanzte, und die Selbstbefruchtung auch in den weiteren Generationen aufrecht erhielt. So konnte der Anlagenbestand rein erhalten werden, unvermischt durch fremde Gene. Auch die reinen Linien variieren nach Plus und Minus, aber die Nachkommen sowohl der Plus- als auch der Minus-Varianten schlagen im Mittel vollständig zum Typus der Linie zurück, d. h. die neue Linie ist konstant und Selektion vermag sie nicht zu ändern. Die Selektion in Populationen vermag wohl die reinen Linien herauszuzüchten, aber mehr vermag sie nicht. In Synergie mit dem Einfluß der äußeren Lebenslage bestimmt der Typus der reinen Linie den in die Erscheinung tretenden Charakter der Individuen.

Eine Vertiefung der hier gewonnenen Erkenntnisse erfolgte durch die experimentelle Vererbungsforschung[54]).

Seit dem Jahre 1858 hatte der nachmalige Prälat Gregor Mendel (1822—1884) vom Augustinerstift zu Brünn in Mähren künstliche Befruchtungen an Zierpflanzen vorgenommen, um neue Farbenvarianten zu erzielen. Die auffallende Regelmäßigkeit, mit welcher dieselben Bastardformen immer wieder auftraten, so oft die Befruchtung zwischen gleichen Arten geschah, gab die Anregung zu weiteren Experimenten, deren Zweck es war, die Entwicklung der Kreuzungsprodukte (Hybriden) in ihren Nachkommen zu verfolgen. Im Jahre 1865 konnte Mendel dem naturforschenden Verein in Brünn den ersten Bericht über seine Versuche vorlegen. Er wurde in dessen „Verhandlungen" gedruckt und wurde vergessen, bis im Jahre 1900 fast gleichzeitig und unabhängig voneinander drei Botaniker, De Vries, Correns und

[54]) Vgl. E. Baur, Einführung in die experimentelle Vererbungslehre, 1911, 2. A., 1914; R. Goldschmidt, Einführung in die Vererbungswissenschaft, 1911; V. Haecker, Allgemeine Vererbungslehre, 1911; W. Johannsen, Elemente der exakten Erblichkeitslehre, 1909, 2. A., 1913; A. Lang, Die experimentelle Vererbungslehre in der Zoologie seit 1900. 1. Hälfte, 1914; L. Plate, Vererbungslehre, 1913; H. Przibram, Experimental-Zoologie, 3. Bd., 1910.

Tschermak, die allgemeine Aufmerksamkeit auf ihn lenkten. Seitdem erhebt sich auf der Grundlage der Mendelschen Versuche das stolze Gebäude der experimentellen Vererbungslehre, die experimentelle Analyse und Synthese der Eigenschaften von Pflanzen und Tieren und ihrer Faktoren im Keimplasma[55]).

Das Hauptergebnis dieser experimentellen Vererbungsforschung ist die Erkenntnis, daß das Keimplasma selbständige Erbeinheiten enthält, „Pangene", wie sie De Vries schon 1889 genannt hatte, „Gene", wie sie kürzer Johannsen nennt. Diese Gene sind die Determinanten, die Bestimmungsstücke für die Eigenschaften der Organismen. Nicht so, daß jede Eigenschaft durch ein bestimmtes Gen im Keimplasma vertreten und bedingt wäre, sondern derart, daß bestimmte Eigenschaften der ausgebildeten Organismen durch bestimmte Kombinationen von Genen bedingt, durch die Anwesenheit oder Abwesenheit bestimmter Gene mitbedingt sind. Es genügen also verhältnismäßig wenige Gene für eine große Anzahl von Kombinations-Möglichkeiten. Durch Bastardierungs-Experimente lassen sich Gen-Kombinationen auflösen und umgruppieren. Die Variation des Experiments gibt im Prinzip, teilweise auch schon tatsächlich, die Möglichkeit, die eigenschaftsbestimmende Wirksamkeit eines Gens, die es in Synergie mit anderen Genen entfaltet, festzustellen. Und so „schreitet die Forschung langsam ihrem hohen Ziele zu: der künstlichen Erzeugung neuer, vorher berechneter Arten"[56]).

Johannsen warnt eindringlich davor, die Gene als morphologische Gebilde nach Art der Weismannschen Determinanten aufzufassen oder überhaupt schon eine bestimmte Vorstellung damit zu verbinden. „Das Wort Gen ist völlig frei von jeder Hypothese. Es drückt nur die Tatsache aus, daß Eigenschaften des Organismus durch besondere, jedenfalls teilweise trennbare und somit gewissermaßen selbständige ‚Zustände', ‚Faktoren', ‚Einheiten' oder ‚Elemente' in der Konstitution der Gameten und Zygoten bedingt sind." Johannsen scheint jedoch sehr dazu zu neigen, die Gene nach Art der zusammengesetzten

[55]) Vgl. G. Mendel, Versuche über Pflanzen-Hybriden (1865 u. 1869). Hgg. von L. Tschermak, 1901, in Ostwalds Klassikern der exakten Wissenschaften Nr. 121. Dazu: W. Bateson, Mendels Principles of Heredity, Cambridge 1909, deutsch von A. Winckler, 1914; C. Correns, Die neuen Vererbungsgesetze, 1912; V. Haecker, Entwicklungsgeschichtliche Eigenschaftsanalyse, 1918. — [56]) H. de Vries, Die Mutationen in der Erblichkeitslehre, 1912, S. 42.

Radikale in der Chemie zu betrachten[57]). Der durch die Befruchtung eingeleitete chemische Prozeß führt, so läßt sichs vorstellen, zunächst zur Aktivierung des Gen-Bestandes der Zygote, die den chemischen Charakter des Protoplasmas ändert und infolgedessen wieder neue Reaktionen ermöglicht. Die Art des Stoffes aber bestimmt in Wechselwirkung mit den äußeren Bedingungen die Form wie alle übrigen Eigenschaften eines Körpers, wie am klarsten die Kristallformen verschiedener Stoffe beweisen. Der chemischen Entwicklung entspricht daher notwendig eine Entwicklung der Form. Die Formbildung (Morphogenese) der anorganischen und organischen Naturkörper ist prinzipiell die gleiche.

Sind die hier dargestellten Ergebnisse der experimentellen Vererbungslehre richtig, so kann ein von Grund aus neuer Pflanzen- oder Tiertypus nur entstehen: durch Kombination verschiedener Gen-Bestände, oder durch teilweise Dekomposition eines Gen-Bestandes, durch Ausfall eines oder mehrerer Gene, oder durch Veränderung vorhandener Gene, oder durch Neubildung von Genen. In jedem Falle aber entscheidet die Angepaßtheit der neu entstehenden Formen an die äußeren Verhältnisse über ihre Erhaltung; die Selektion bleibt immer am Werk.

Wenn nun aber auch der Anlagenbestand einer Keimzelle, der „Genotypus" (Johannsen), die komplexe Hauptkomponente der Entwicklung darstellt, so wird diese doch auch von einer anderen komplexen Komponente in wechselndem Grade mitbestimmt, nämlich von den Umgebungsbedingungen, dem Milieu oder der Lebenslage. „Das oft recht verwickelte Zusammenspiel von Genotypus und Milieu bedingt die realisierten persönlichen Charaktere jedes Organismus" (Johannsen). Ein und derselbe Genotypus kann in verschiedenen Lebenslagen verschiedene Erscheinungsformen, Phaenotypen, liefern. Die Entwicklung ist also eine Resultierende verschiedener Komponenten. Diese Komponenten festzustellen, ihren Anteil an der Entwicklungs-Resultierenden festzustellen, hat sich die 1894 durch Wilhelm Roux

---

[57]) Vgl. W. Johannsen, Elemente, 1913, S. 143 u. 666. — Gameten sind die Keimzellen, Zygoten die Produkte der Verbindung zweier Keimzellen, einer männlichen und einer weiblichen. Ist der Gen-Bestand in beiden Keimzellen gleichartig, so ergibt ihre Verbindung eine Homozygote, im andern Falle eine Heterozygote. Radikale sind Atomgruppen, die sich ähnlich wie Elementar-Atome unverändert von einer Verbindung in eine andere übertragen lassen.

als selbständige Forschungsrichtung begründete „Entwicklungsmechanik“ oder kausale Morphologie der Organismen zur Aufgabe gemacht, die Erforschung der Ursachen organischer Gestaltung[58]). Diese Definition von Roux besagt eigentlich nicht mehr als die Definition, die Haeckel 1866 von der Morphologie gegeben hat: „Die Morphologie oder Formenlehre der Organismen ist die gesamte Wissenschaft von den inneren und äußeren Formverhältnissen der belebten Naturkörper,“ indem er hinzufügt: „Wenn die Morphologie ihre eigentliche Aufgabe erkennt und eine Wissenschaft sein will, so darf sie sich nicht begnügen mit der Kenntnis der Formen, sondern sie muß ihre Erkenntnis und ihre Erklärung erstreben, sie muß nach den Gesetzen suchen, nach denen die Formen gebildet sind“[59]). Eine „Kausal- und Gesetzeswissenschaft“, wozu nach Roux die Morphologie durch die Entwicklungsmechanik gemacht werden soll, ist sie also auch schon für Haeckel. Das einseitig betonte Neue an der Entwicklungsmechanik war die experimentelle Methode, mit der sie die Analyse der Entwicklungsfaktoren erstrebte, während die Morphologie bis dahin ihre Erkenntnisse durch Beobachtung und Reflexion zu erlangen gesucht hatte.

In der Pflanzenphysiologie war die experimentelle Morphologie, wie die Entwicklungsmechanik auch häufig und richtiger genannt wird, hauptsächlich durch Julius Sachs (1832—1897) begründet worden, der seit 1857 „Physiologische Untersuchungen über die Abhängigkeit der Keimung von der Temperatur“ anstellte, denen er später eine Reihe anderer Untersuchungen über die Wirkung des Lichts, der chemischen und physikalischen Beschaffenheit des Bodens, der Temperatur, der Lage usw. folgen ließ[60]).

Sachs betonte insbesondere die Abhängigkeit der Form vom Stoff. Nicht Nachahmungen platonischer Ideen seien die organischen Gestaltungen, wie eine „idealistische Morphologie“ unter der Führung Alexander Brauns anzunehmen geneigt war, sondern Produkte natür-

---

[58]) W. Roux, Einleitung zum Archiv für Entwicklungsmechanik der Organismen, Bd. I, 1894, S. 1. Vgl. auch W. Roux, Die Entwicklungsmechanik, ein neuer Zweig der biologischen Wissenschaft. Vorträge und Aufsätze über Entwicklungsmechanik der Organismen, Heft 1, 1905. W. Roux, Gesammelte Abhandlungen über Entwicklungsmechanik, 2. Bde., 1895. — [59]) E. Haeckel, Generelle Morphologie der Organismen, I, 1866, S. 1. — [60]) Vgl. J. Sachs, Gesammelte Abhandlungen über Pflanzenphysiologie, 2 Bde., 1892 und 1893; Physiologische Notizen, 1893.

licher Faktoren, gebildet unter der Herrschaft des Kausalgesetzes. Es handle sich darum, nicht mystische „Gestaltungsgesetze" aufzustellen, sondern nachzuweisen, daß physische Eingriffe imstande sind, vegetabilische Gestaltungsvorgänge hervorzurufen[61]).

Zahlreiche Pflanzenphysiologen betraten die Bahn, die Julius Sachs eröffnet hatte, vor allem Voechting, Pfeffer, Goebel, Klebs. Am bedeutsamsten waren die Erfolge und Schlußfolgerungen von Georg Klebs, die er in mehreren wertvollen Abhandlungen dargelegt hat[62]). Klebs wendet sich vor allem — und seine überraschenden Experimentalerfolge geben ihm das volle Recht dazu — gegen die immer wieder auftauchenden Bestrebungen, in den Organismen eine Zweckmäßigkeit besonderer Art anzunehmen. „Wenn ich", sagt er, „einen Lebensvorgang, den ich als zweckmäßig beurteile, erforschen will, darf ich nicht eher ruhen, als bis ich die ihn notwendig bedingenden Veränderungen erkenne. Indem ich aber den Zweck selbst in irgend einer Form als Ursache nehme, wird in kausaler Beziehung nichts erklärt. Vielmehr kann erst durch die Einsicht in den Kausalzusammenhang auch der Zweck völlig klar erkannt werden" (1903).

Während die meisten Biologen die Art des Entwicklungsganges immer als eine durch die innerste Natur des Organismus notwendig begründete Eigenschaft ansehen, zeigte Klebs, wie dieser Entwicklungsgang in der mannigfachsten Weise abgeändert, oft ganz umgekehrt werden kann. Die experimentell erhärteten Tatsachen lehren, daß z. B. der in der freien Natur zu beobachtende Entwicklungsgang von Ajuga, wie er in der Aufeinanderfolge von Ausläufern, Rosette, Blütentrieb verläuft, nur ein Spezialfall ist, der eben den gewöhnlichen Bedingungen der freien Natur entspricht. „Wir haben bisher zu sehr unter dem Banne der ganz einseitigen Auffassung gestanden, als wäre das Normale das schlechthin Notwendige für die Pflanze" (1904, S. 13). „Einer andern Kombination äußerer Bedingungen entspricht eine andere

---

[61]) Vgl. die Abhandlung „Stoff und Form der Pflanzenorgane" in den „Abhandlungen", II, S. 1159. — [62]) Vgl. G. Klebs, Willkürliche Entwicklungsänderungen bei Pflanzen. Ein Beitrag zur Physiologie der Entwicklung, 1903; Über Probleme der Entwicklung. Biolog. Centralblatt, 1904; Studien über Variation. Archiv für Entwicklungsmechanik, 1907, S. 29; Über das Verhältnis der Außenwelt zur Entwicklung der Pflanzen. Sitzungsberichte der Heidelberger Akademie, mathematisch-naturwissenschaftliche Klasse, Abt. B, 1913, 5. Abhandlung. — Vgl. auch K. Goebel, Einleitung in die experimentelle Morphologie der Pflanzen, 1908.

Art des Entwicklungsganges. Jedes einzelne Stadium kann vollkommen ausgeschaltet werden, gewisse Stadien lassen sich als solche andauernd erhalten. Man kann auch die Stadien in verschiedener Reihenfolge aufeinander folgen lassen" (1903, S. 51). Wir sind imstande, die für durchaus konstant gehaltene Blattstellung künstlich zu verändern. Durch Änderung der Ernährung läßt sich experimentell bestimmen, daß die Sprosse von Lysimachia zwei-, drei- oder viergliedrige Blattquirle hervorbringen, ja daß sie unter besonderen Umständen zur zerstreuten Blattstellung übergehen. Bei Sempervivum-Arten lassen sich auf dem Wege des Experiments die „unmöglichsten" Variationen der Entwicklung herbeiführen, wenn man Bedingungen schafft, wie sie in der freien Natur selten oder nie vorkommen. Die mannigfachen Blattformen der Wasser- und Sumpfpflanzen, die Stengel- und Blattformen der auf trockenen Böden wachsenden Xerophyten, die Umwandlung der verschiedenenen Stengelformen, Knollen, Rhizome, die Wurzelbildung usw., alle diese Vorgänge hängen ab von bestimmten Bedingungen der Außenwelt. Schon im Jahre 1895 konnte Goebel feststellen, daß die Entwicklung einer Pflanze nicht etwa verläuft wie die einer Melodie in einem Musikwerk, welche in bestimmter Reihenfolge sich abspielt, sobald die äußere Kraft für den Antrieb vorhanden ist; die Versuche ergaben vielmehr, „daß die Gestaltungsverhältnisse chlorophyllhaltiger Pflanzen nicht von vornherein in den Keimzellen angelegt sind, sondern im Verlauf der Entwicklung bestimmt werden"[63]).

Die unter gewöhnlichen Bedingungen völlig konstanten Merkmale können unter veränderten Umständen zu äußerst variablen werden. Dabei verhalten sich die Merkmale verschieden; die einen, wie z. B. Größe und Gestalt der Blätter und Stengel, reagieren bereits auf kleine Schwankungen der äußeren Bedingungen; für andere dagegen genügen die Schwankungen, wie sie in der freien Natur vorkommen, nicht zu wesentlichen Veränderungen. Solche sind oft erst nach vielen ergebnislosen Versuchen und bei genauerer Kenntnis der Lebensbedingungen im Experiment zu erreichen. So ist die experimentelle Methode schon heute vielfach „imstande, den Zufall in hohem Grade, wenn auch nicht völlig auszuschalten. Unter einigermaßen gleichen Bedingungen bleibt auch der Variationsumfang konstant; je stärker die Bedingungen abgeändert werden, desto größer wird der Variationsumfang" (Klebs 1907, S. 92).

[63]) Goebel in Flora 1895, S. 115.

Eine scharfe Unterscheidung zwischen kontinuierlichen (fließenden) Variationen und diskontinuierlichen (sprunghaften) oder De Vriesschen „Mutationen“ läßt sich nach Klebs in keiner Weise aufrecht erhalten. Denn bei den künstlich hervorgerufenen Variationen von Individuen einer Spezies, ja bei dem gleichen Individuum von Sempervivum, treten ebensowohl kontinuierliche wie diskontinuierliche Variationen auf. Es entstehen „neue“ Merkmale, d. h. solche, die bisher weder bei derselben Art noch bei der Gattung, noch bei der Familie beobachtet worden sind. Der entscheidende Punkt liegt nach Klebs darin, daß sehr auffallende diskontinuierliche Variationen ebenso durch die äußeren Bedingungen veranlaßt werden wie die gewöhnlichen kontinuierlichen; beide sind nur gewisse Extreme, die durch zahlreiche Zwischenglieder verbunden sind.

Sowohl diskontinuierliche wie kontinuierliche Variationen können erblich sein. „Welche Umstände es sind, die das Erblichwerden irgend einer Variation bewirken — diese Frage ist bisher ungelöst. Aber es eröffnen sich doch bereits Wege, dieses schwierigste, aber auch interessanteste Problem der Biologie in Angriff zu nehmen. Der Ausgangspunkt ist die Tatsache, daß solche diskontinuierliche Variationen, die tatsächlich zu Charakteren erblicher Kulturrassen werden können, durch Änderungen der Außenwelt hervorgerufen werden. Folglich besteht die Möglichkeit, mit Hilfe solcher Variationen neue Rassen zu gewinnen“ (1907, S. 96).

Das höchste Ziel der biologischen Technik ist für Klebs: jede Formbildung durch die Kenntnis ihrer Bedingungen beherrschen zu lernen, theoretisch wie praktisch.

Wenn auch die Tiere nicht so plastisch zu sein scheinen wie die Pflanzen, so sind doch auch mit ihnen schon höchst bedeutsame „Zuchtversuche zur Abstammungslehre“ angestellt worden[64]). Berühmt geworden sind besonders die Versuche von L. Fischer und M. Standfuß an Schmetterlingen und von Paul Kammerer an Eidechsen und Salamandern. Fischer und Standfuß, wie vor ihnen schon Dorfmeister (1864) haben die Puppen verschiedener Tag- und Nachtfalter verschiedenen Temperaturen ausgesetzt und damit auffallende Variationen an

---

[64]) Vgl. die gleichnamige Abhandlung von Paul Kammerer in dem Sammelwerk: Die Abstammungslehre, Jena 1911; ferner P. Kammerer, Variabilität. Handwörterbuch der Naturwissenschaften X, 1915, S. 181. Hier auch die hauptsächlichste Literatur zur experimentellen Morphologie.

Farbe, Form und Größe erzielt.[65]) Durch Wärme lassen sich aus nördlichen Variationen solche erzielen, die sonst nur im Süden vorkommen, durch Kälte wird das Umgekehrte bewirkt. Stärkere Temperaturdifferenzen bringen die in der Natur seltensten Abweichungen, ganz starke sogar Annäherungen an verwandte Arten hervor. Ähnliche Experimente sind mit ähnlichem Erfolg mit Käfern, Wasserflöhen, Grillen, Mäusen und Ratten angestellt worden.

Kammerer brachte den Feuersalamander, der regelrecht bis 70 kiementragende Larven zur Welt bringt und ins Wasser ablegt, durch Entziehung von Wasser schließlich dahin, daß er nur noch 2 bis 7, aber fertig ausgebildete kleine Salamander erzeugte. Feuersalamander, die auf schwarzer Erde gehalten wurden, nahmen allmählich eine vorwiegend schwarze Färbung an, auf gelber Erde wurden sie vorwiegend gelb. Die südeuropäische grüne Wieseneidechse (Lacerta serpa) wird in Hitze und Trockenheit schwarz. Eier, von geschwärzten Exemplaren in kühleren Räumen abgelegt, lassen fast normalfarbige Junge ausschlüpfen, die aber später, auch in gemäßigter Temperatur, trotzdem wieder schwarz werden. Die Bergeidechse (Lacerta vivipara) ist normalerweise lebendig gebärend. Bei mäßiger Temperaturerhöhung beginnt sie Eier zu legen, die aber nur eine Eihaut, keine Schale haben. Wird sie andauernd in hoher Temperatur gehalten, so bringt die zweite Eierlegeperiode schon Eier mit einer pergamentartigen weißen Schale, wie sie die Eier anderer Eidechsen besitzen.

Solche und viele ähnliche Erfolge der experimentellen Morphologie, die erst einen Anfang darstellen, lassen auf die Frage Kammerers: „Sind wir Sklaven der Vergangenheit oder Herren der Zukunft?“ nur die Antwort zu: Herren der Zukunft. Vererbung und Variation, die beiden komplexen Faktoren der Entwicklung, lassen sich in ihren Grundbedingungen erkennen und damit beherrschen. Wissenschaft und Kunst sind die Faktoren, welche auch die Richtung und das Resultat der Biogenie zu bestimmen vermögen.

---

[65]) G. Dorfmeister, Über die Einwirkung verschiedener, während der Entwicklungsperioden angewendeter Wärmegrade auf die Färbung und Zeichnung der Schmetterlinge. Mitteilungen des Naturwissenschaftlichen Vereins Steiermark, 1864; Über den Einfluß der Temperaturen bei der Erzeugung der Schmetterlings-Varietäten, 1880; L. Fischer, Transmutation der Schmetterlinge infolge Temperatur-Veränderungen. Experimentelle Untersuchungen über die Phylogenese der Vanessen, 1895.

21. Kapitel.

Phylogenesis.

Die Entwicklung der organischen Stämme.

Darwin hatte in seinem Werk über die Entstehung der Arten die Deszendenztheorie nur im allgemeinen begründet, ohne die Durchführung einer Entwicklungsreihe im besonderen zu versuchen. Am Schlusse seines Werkes äußert er nur die Vermutung, daß die Tiere von höchstens vier oder fünf, die Pflanzen von eben so vielen oder noch weniger Stammarten herrühren. Da aber auch diese wenigen Hauptformen noch Andeutungen von verwandtschaftlichen Beziehungen aufweisen, und da selbst Pflanzen- und Tierreich durch vermittelnde Übergangsformen verbunden sind, so gelangt er weiterhin zu der Annahme, daß wahrscheinlich alle organischen Wesen, die jemals auf dieser Erde gelebt, von einer einzigen Urform abstammen[1]).

Ebenso wie Darwin hatten auch alle Anhänger der Abstammungslehre diese nur im allgemeinen behandelt, ohne sie auch im Speziellen durchzuführen. Mit zwei Ausnahmen: Lamarck und Robert Chambers. In „Zusätzen zum siebenten und achten Kapitel" seiner „Zoologischen Philosophie" (1809) setzt Lamarck auf wenigen Seiten auseinander, wie der Verlauf der Abstammungslinien im Tierreich zu denken sei. Er nimmt zwei Stammgruppen an: Infusorien und Würmer. Aus den Infusorien läßt er die Polypen, aus diesen in gerader Linie die Strahltiere hervorgehen; aus den Würmern einerseits die amphibischen Insekten, andererseits die Anneliden oder Ringelwürmer. Aus den amphibischen Insekten, den Schnaken, Wassermotten usw. entstanden alle anderen Insekten, aus mehreren Arten von diesen die Arachniden oder Spinnentiere. Gewisse Arachniden, die ins Wasser

---

[1]) Ch. Darwin, Die Entstehung der Arten. Deutsch von H. G. Bronn, 1860, S. 487 u. 488.

zurückgingen, entwickelten sich zu Crustaceen, Krebstieren, womit diese Entwicklungslinie ein Ende hatte. Aus Anneliden gingen Cirripedien und weiterhin Mollusken hervor, an diese schlossen sich die Fische an. Die Weiterentwicklung erfolgte über die Batrachier hin zu den Schlangen, Schildkröten und anderen Reptilien; die Schildkröten gaben den Vögeln, die Saurier, insbesondere die Krokodile, den amphibischen Säugetieren ihren Ursprung. Von diesen paßten sich die Cetaceen dem Leben im Wasser immer besser an, die Seekühe entwickelten sich weiter zu Ungulaten (Wiederkäuern, Pachydermen usw.), die Seehunde zu Unguiculaten (Raubtieren usw.). Ein „Tableau servant à montrer l'origine des différents animaux" läßt die Meinungen Lamarcks über die Stammesentwicklung der Tiere mit einem Blicke übersehen[2].

Den zweiten Versuch, die Tiere nach ihren Verwandtschaften in bestimmten Abstammungs-Linien zu ordnen, macht Robert Chambers in seinen „Vestiges of the natural history of creation" (1844). Zur Konstruktion seiner genealogischen Linien bedient er sich der vergleichend-anatomischen Reihe der Systematik, der geologischen Aufeinanderfolge der Tiere in den Schichten der Erdrinde, und, wo es nur immer geht, der Phasen der embryonalen Entwicklung, indem er sich häufig auf Louis Agassiz beruft, der immer wieder auf die „dreifache Parallele" hingewiesen hatte.

Chambers betrachtet die Strahltiere Cuviers, die Infusionstierchen, Schwämme, Polypen, Quallen „und einige andere obskure Klassen" als die Basis des ganzen Tierreichs. Einige dieser Klassen scheinen ihm besondere und unabhängige Serien zu sein, die nicht weiter fortschreiten; „andere bilden gleichsam die Wurzeln höherer Familien", so insbesondere die Echinodermen, „die vielleicht unpassend den anderen Strahltieren beigezählt werden, da ihr Charakter ein viel höherer ist". Am Anfang der Echinodermen stehen die von Polypen abstammenden Seelilien (Encrinus), an die sich die Haarsterne (Comatula) anschließen. Diese Reihe läßt sich aus der Entwicklung des Haarsterns erkennen, der in einem frühen embryonalen Stadium als polypenähnlich erscheint und später eine Zeitlang als Encrinus auf einem Stiele lebt, bis er sich loslöst und frei umherschwimmt. Die Arme der Haarsterne werden kürzer, ihre Zahl vermindert sich, es entstehen Ophiuren oder Schlangensterne. Bei den Asteriden oder

---

[2]) Wir haben diese Tabelle auf S. 267 wiedergegeben.

eigentlichen Seesternen dehnt sich später der Zentralteil mehr und mehr aus, bis er eine fünfeckige Scheibe bildet. Von hier aus findet Chambers einen deutlichen Übergang zu dem Echinus oder Seeigel. Diese Form verlängert sich wieder in die zylindrische weichkörperige Holothuria, und von da aus ist der Übergang zu der Fistularidengattung „sehr leicht“[3]; mit diesem Tier aber geraten wir in die Nähe, wenn nicht ganz in die Mitte der Anneliden und rücken einigen der niederen Fische nahe. Dieselbe Linie der Entwicklung bis zu den Echiniden findet Chambers in den aufeinanderfolgenden geologischen Formationen. „Die Echiniden sind die letzten, auf deren Erhaltung in den Steinen wir rechnen können, da ihre höheren Familien keine harten Teile besitzen; denn sonst würden wir vielleicht die Fortsetzung dieser Fossilienklasse in den Holothurien und Fistulariden entdecken.“

In ähnlicher Weise erörtert Chambers die Abstammung der übrigen Tierklassen, die der Wirbeltiere ganz im einzelnen. Er bemerkt jedoch dazu: „Bei dem gegenwärtigen Stande dieser Untersuchungen ist es unmöglich, einen vollständigen Stammbaum der Wesen aufzustellen. Selbst einige Teile der Nachweise, die wir hier gegeben haben, müssen als solche betrachtet werden, die unter einem besseren Lichte noch verbessert werden können. Es ist jedoch für den vorliegenden Zweck genug geschehen, wenn wir solche Stücke der großen zusammenhängenden Kette nachgewiesen haben, welche den Beweis liefern, daß ein solches Ding in der Natur existiert, und daß die Idee einer genetischen Aufeinanderfolge fortschreitender Formen damit im Einklang steht.“

Hatten Lamarck und Chambers ernst zu nehmende phylogenetische Versuche gewagt, so findet man hie und da doch auch solche, die in kühner Phantastik aller Schwierigkeiten spotten. Ein derartiger Versuch liegt vor in dem Werk: „Skizzierte Entwicklungs-Geschichte und natürliches System der europäischen Tierwelt“ von Jakob Kaup (1829). Dieses Buch enthält nicht weniger als 63 Entwicklungsreihen von Amphibien durch die Vögel hindurch zu den Säugetieren. Wie Kaup sich das vorstellt, zeigt die Erläuterung etwa zur ersten Reihe: „Eine meereidechsenartige Gattung, welche später, als der Vogel sich aus ihr gebildet hatte, wie die europäischen Krokodile aus der Reihe der lebenden Wesen verschwunden ist, wird zum Vogel, indem der

[3]) Die Fistulariden sind langgestreckte Fische.

Bau des Herzens sich vervollkommnet und zugleich die Schilder und Schuppen in Federn übergehen, um dem nun wärmeren Blute eine schützendere Bedeckung zu geben. Die Zähne gehen verloren und werden durch haarartige, zahnähnliche Bildungen ersetzt; die Nasenlöcher rücken nach hinten; die Vorderfüße verkümmern; die Randschuppen bilden sich zu Schwungfedern, die Hinterfüße bleiben in ihrer Totalform, nur trennen sich die Zehen, die Schwanzwirbel verkürzen sich, ihre Totalform beibehaltend, die Halswirbel richten sich in die Höhe und vollenden so das Bild des Vogels." Es entsteht zunächst eine Bernikelgans, dann über mehrere andere Vögel hinweg das Hermelin. Die dritte Reihe hat einen Frosch zum Ausgangspunkt, aus welchem sich ein Vogel bildet, den man den kleinen Steißfuß (Podiceps minor) nennt, der dann durch fernere Umbildungen endlich zum Wiesel wird usw.

Die Phylogenie als selbständige Wissenschaft.
Ernst Haeckel.

Als selbständige Wissenschaft wurde die Entwicklungsgeschichte der organischen Stämme oder die „Phylogenie", wie er sie nannte, von Ernst Haeckel begründet und ausgebaut. Die „Generelle Morphologie der Organismen" (1866) legte den Grund, die aufeinanderfolgenden Auflagen der „Natürlichen Schöpfungsgeschichte" (1868 bis 1909) verbesserten und vervollständigten den Grundriß, die „Systematische Phylogenie, Entwurf eines natürlichen Systems der Organismen auf Grund ihrer Stammesgeschichte" (1894—1896) vollendete das stolze Gebäude; historisch-kritische Studien über die Resultate der Phylogenie gaben einen gedrängten Rückblick auf „Fünfzig Jahre Stammesgeschichte" (1916).

Die Phylogenie definiert Haeckel als die gesamte Wissenschaft von den Formveränderungen, welche die Phylen oder organischen Stämme während der ganzen Zeit ihrer Existenz durchlaufen, von dem Wechsel also der Arten oder Spezies, welche als sukzessive und koexistente blutsverwandte Glieder jeden Stamm zusammensetzen. „Die Aufgabe der Phylogenie ist mithin die Erkenntnis und die Erklärung der spezifischen Formveränderungen, d. h. die Feststellung der bestimmten Naturgesetze, nach welchen alle verschiedenen organischen Arten oder Spezies entstehen, welche als divergente Nachkommen

einer einzigen gemeinsamen, autogonen Urform ein einziges Phylon konstituieren".

Als die Haupturkunde, welche das unmittelbare empirische Material fast allein liefert, nennt Haeckel die Paläontologie (1866, II, 305). Infolge der Lückenhaftigkeit der paläontologischen Überlieferungen würde jedoch die Phylogenie ein bloßes Flickwerk bleiben, wenn sie allein auf die Paläontologie angewiesen wäre. Die kritische Genealogie oder Stammbaumkunde der Organismen muß deshalb das ergänzende Material der Ontogenie und Systematik zu Rate ziehen, wenn sie ihr Geschäft vollbringen will. Dieses Material verdient insofern vollstes Vertrauen, als in zahllosen Fällen der dreifache Parallelismus zwischen paläontologischer, individueller und systematischer (vergleichend-anatomischer) Entwicklung erwiesen ist[4]). Jede dieser drei Haupturkunden vermag für sich wertvolle Beiträge zur Phylogenie zu liefern, aber nur alle drei in kritischer Synthese vermögen der Phylogenie diejenige Sicherheit zu geben, die sie überhaupt zu erreichen vermag. Hypothetisch wird sie immer bleiben. „Denn sie sucht eine zusammenhängende Einsicht in den Gang und die Ursachen von längst verflossenen Ereignissen zu gewinnen, deren unmittelbare Erforschung uns unmöglich ist. Weder Beobachtung noch Experiment vermögen uns direkte Aufschlüsse über die zahllosen Umbildungsprozesse zu gewähren, durch welche die heutigen Tier- und Pflanzenformen aus langen Ahnenreihen hervorgegangen sind. Nur ein kleiner Teil der Erzeugnisse, welche jene phylogenetischen Transformationen hervorgebracht haben, liegt uns in greifbarer Form vor Augen; der weitaus größere Teil bleibt uns für immer verschlossen. Denn die empirischen Urkunden unserer Stammesgeschichte werden immer in hohem Maße lückenhaft bleiben, wie sehr sich auch im einzelnen ihr Erkenntnisgebiet durch fortgesetzte Entdeckungen erweitern mag"[5]).

Skeptischer als es hier der Begründer der Phylogenie tut, kann sich wohl niemand über die Sicherheit dieser Wissenschaft äußern; aber in der Überzeugung, daß die denkende Benutzung und kritische Vergleichung der drei Stammesurkunden uns schon jetzt einen klaren

---

[4]) Vgl hierzu: E. Strasburger, Über die Bedeutung phylogenetischer Methoden für die Erforschung lebender Wesen. Jenaische Zeitschr. für Naturwissenschaft, 1874, S. 56; A. Lang, Mittel und Wege phylogenetischer Erkenntnis, 1887; Th. Boveri, Die Organismen als historische Wesen, 1906. — [5]) Systematische Phylogenie, I, 1894, Vorwort S. VI.

Einblick in den allgemeinen Gang jenes historischen Entwicklungsprozesses und in die Wirksamkeit seiner wichtigsten Faktoren, der Vererbung und Anpassung, zu gewähren vermag, geht Haeckel kühn an die schwierige Arbeit, mit dem Erfolg, daß die Phylogenie als Wissenschaft mehr und mehr anerkannt und gefördert wird.

Die Phylogenie hat also die Aufgabe, den Verlauf, die Art und Weise und die Gesetze der Phylogenesis zu erforschen und darzustellen, der erdgeschichtlichen Entwicklung aller Stämme, Äste und Zweige des großen Lebensbaumes nachzugehen.

In erster Linie erhebt sich für Haeckel die Frage nach der Zahl und dem Umfang der organischen Stämme. Der Lösung dieser Frage stehen jedoch die größten Hindernisse entgegen. „Eine absolut sichere Beantwortung derselben wird niemals gegeben werden können, weil uns die Primordien des organischen Lebens, die Autogonie der ersten Phylen im Anfang der archolithischen Zeit, ewig verborgen bleiben, und weil die Schlüsse, welche wir auf diesen Entwicklungsprozeß aus unseren embryologischen, paläontologischen und anatomischen Kenntnissen ziehen können, immer im höchsten Grade unsicher und unvollständig bleiben müssen“ (1866, II, 403). Haeckel entscheidet sich für die Annahme, daß wahrscheinlich jedes der drei Reiche (Protisten, Pflanzen und Tiere) eine Kollektivgruppe von mehreren selbständigen Stämmen sei. Mit voller Sicherheit glaubt er dies insbesondere für das Protistenreich annehmen zu können, während für das Tierreich, und noch mehr für das Pflanzenreich, daneben die Möglichkeit offen bleibe, daß jedes derselben einem einzigen blutsverwandten Stamme entspreche. So sind zwei verschiedene Grundformen der genealogischen Hypothesen möglich. Die monophyletische (einheitliche oder einstämmige) Abstammungshypothese führt den Ursprung aller einzelnen Organismengruppen auf eine einzige gemeinsame, durch Urzeugung entstandene Monerenart zurück. Die polyphyletische (vielheitliche oder vielstämmige) Deszendenzhypothese dagegen würde annehmen, daß mehrere verschiedene Monerenarten durch Urzeugung (oder sonstwie) entstanden sind, und daß diese mehreren verschiedenen Hauptklassen (Stämmen oder Phylen) den Ursprung gegeben haben[6]. Dem scheinbar sehr bedeutenden Gegensatz zwischen diesen beiden Hypothesen mißt Haeckel wenig Bedeutung bei. Denn beide müssen doch

[6]) Natürliche Schöpfungsgeschichte, 1868, S. 323 f.

notwendig auf Moneren als auf die älteste Wurzel des einen oder der vielen organischen Stämme zurückgehen. „Da aber der ganze Körper aller Moneren nur aus einer einfachen, strukturlosen und formlosen Masse, aus einer einzigen eiweißartigen Kohlenstoffverbindung besteht, so können die Unterschiede der verschiedenen Moneren nur chemischer Natur sein und nur in einer verschiedenen atomistischen Zusammensetzung jener schleimartigen Eiweißverbindung bestehen.“ Diese feinen und verwickelten Mischungs-Verschiedenheiten seien aber vorläufig für die rohen und groben Erkenntnismittel des Menschen gar nicht erkennbar, und daher auch für die Phylogenie zunächst von weiter keinem Interesse.

Die Frage nach dem einheitlichen oder vielheitlichen Ursprung wiederholt sich auch innerhalb jedes einzelnen Stammes, wo es sich um den Ursprung einer kleineren oder größeren Gruppe handelt. Haeckel gibt im allgemeinen den einstämmigen oder monophyletischen Deszendenzhypothesen den Vorzug, „und zwar vorläufig schon aus dem einfachen Grunde, weil sie die unendlich schwierige Frage der Stammbaum-Konstruktionen in hohem Grade erleichtern“. Er hält es jedoch für möglich, daß die entwickeltere Deszendenztheorie der Zukunft den polyphyletischen Ursprung insbesondere für viele niedere und unvollkommene Gruppen der beiden organischen Reiche nachweisen wird[7]).

Ebenso unvoreingenommen erörtert Haeckel die phyletischen Hypothesen in seiner „Systematischen Phylogenie“ (1894). Das Pflanzenreich ist nach der monophyletischen Hypothese ein einziger Stamm, in welchem fünf natürliche Hauptgruppen ebenso viele aufeinanderfolgende Entwicklungsstufen repräsentieren, in nachstehender Reihenfolge:

1. Algen, mit den Protophyten (einzelligen Urpflanzen) als Ausgangsgruppe, den Pilzen und Flechten als Seitenzweigen;

2. Bryophyten oder Moose, mit den niedersten Thallobryen (Ricciaceen, Marchantiaceen) als gemeinsamer Stammgruppe aller Metaphyten;

---

[7]) Ebenda, S. 324 f. In der 11. Auflage, 1909, S. 411, spricht sich Haeckel dahin aus, daß im allgemeinen für die höchsten und höheren Formengruppen die monophyletischen Hypothesen mehr innere Wahrscheinlichkeit besitzen, für die niederen und niedersten Abteilungen dagegen die polyphyletischen. Vgl. auch E. Haeckel, Einstämmiger und vielstämmiger Ursprung. Kosmos, 4. Bd., 1879, S. 360.

3. Pteridophyten oder Farne, mit den Laubfarnen als Stammgruppe aller Gefäßpflanzen;

4. Gymnospermen oder Nacktsamer, mit den Cycadeen als Stammgruppe aller Phanerogamen;

5. Angiospermen oder Bedecktsamer, mit den Palacotylen oder Chalazogamen (Casuarinaceen) als Übergangsgruppe von den Gnetaceen zu den Dicotyledonen.

Nach der polyphyletischen Hypothese besteht dagegen das Pflanzenreich aus zahlreichen parallelen Stämmen, die unabhängig voneinander in ähnlicher Weise aus niederen Formen sich entwickelt haben. Ein extremer Vertreter dieser polyphyletischen Hypothese war der bekannte Botaniker Anton Kerner von Marilaun. Er wirft in seinem berühmten „Pflanzenleben“ (1891) die Frage auf, ob die jetzt lebenden Stämme der Pflanzen auch in früheren Perioden nebeneinander bestanden haben, oder ob sie im Laufe der Zeiten aus einem einzigen oder aus einigen wenigen durch Urzeugung entstandenen Lebewesen hervorgegangen seien, und entscheidet sich für das erstere. „Die sogenannten höheren Pflanzen“, sagt er, „sind nicht aus den sogenannten niederen hervorgegangen, die Stämme der höheren und niederen Pflanzen lebten von jeher nebeneinander in Wechselbeziehungen, auf welchen die Möglichkeit und die Fortdauer des pflanzlichen Lebens beruht. Im Bereiche eines jeden Stammes fanden zu allen Zeiten Umgestaltungen statt. Es entstanden infolge der Kreuzung aus schon vorhandenen Arten neue Arten, beziehentlich neue Artengruppen. Von diesen erhielten sich diejenigen, welche mit den jeweiligen klimatischen Verhältnissen am besten im Einklange standen. Aber die Umgestaltung bei der Bildung neuer Arten ging niemals so weit, daß dadurch die Eigentümlichkeiten des Stammes verschwanden“[8]. Zu einem Stamme rechnet Kerner alle jene Arten oder Artengruppen, bei welchen die Geschlechtsorgane so übereinstimmend gebaut sind, daß die Möglichkeit einer geschlechtlichen Vereinigung vorausgesetzt werden kann. Solcher Stämme, die also „von jeher“ nebeneinander bestanden haben sollen, zählt Kerner 88 auf.

[8]) A. Kerner von Marilaun, Pflanzenleben II, 1891, S. 601. Noch weiter als Kerner war schon früher der Botaniker Albert Wigand gegangen, der jede Art aus einer Urzelle hervorgehen ließ, die sich allmählich zu ihrer heutigen Form entwickelt habe. (Die Genealogie der Urzellen, 1872).

Haeckel meint mit Recht, die Entscheidung zwischen den beiden entgegengesetzten Hypothesen der Monophylie und Polyphylie sei von der kritischen Verwertung der drei großen Schöpfungsurkunden und von der verschiedenen Beurteilung ihrer phylogenetischen Bedeutung abhängig. Nach seiner Ansicht ergibt sich für alle Cormophyten, von den Bryophyten bis zu den höchsten Angiospermen hinauf, die größte Wahrscheinlichkeit für eine monophyletische Deszendenz, und zwar auf Grund folgender Erwägungen:

1. Die paläontologische Sukzession der Cormophyten lehrt uns (soweit bekannt) eine beständige Zunahme an Zahl, Mannigfaltigkeit und Vollkommenheit der kleineren und größeren Formengruppen.

2. Die vergleichende Ontogenie der Cormophyten ergibt in jeder Hauptgruppe derselben einen charakteristischen Modus der individuellen Entwicklung; zugleich aber wiederholen die höheren Gruppen vorübergehend die Bildungsstufe der niederen, entsprechend dem Biogenetischen Grundgesetz.

3. Die vergleichende Morphologie der Cormophyten überzeugt uns von der konstanten Einheit im Aufbau ihrer Gewebe und Organe, trotz der endlosen Mannigfaltigkeit der einzelnen Formen. Diese Einheit des Typus läßt sich nur durch Vererbung von einer gemeinsamen Stammform erklären, denn es ist sehr unwahrscheinlich, daß dieselben zahlreichen Bildungsprozesse, welche bei der Entstehung des höheren Cormophyten-Organismus zusammenwirkten, mehr als einmal im Laufe der Biogenese zusammengetroffen sind.

Wenn demnach für sämtliche Cormophyten, „vielleicht die niedersten Gruppen ausgenommen", die Einheit des Stammes sehr wahrscheinlich ist, so besitzt dagegen für die Thallophyten eine polyphyletische Auffassung den höheren Grad der Wahrscheinlichkeit[9]).

Die phylogenetische Forschung der neuesten Zeit hat die Auffassung Haeckels bestätigt[10]). Wie Richard Wettstein feststellt, hat sich die Überzeugung Bahn gebrochen, daß innerhalb der Thallophyten mehrere Entwicklungsreihen (Stämme) zu konstatieren sind, welche keine direkten genetischen Beziehungen zueinander haben. Er selbst unterscheidet sechs solcher Stämme: die Schleimpilze (Myxophyten),

---

[9]) Systematische Phylogenie I, 1894, S. 254 f. — [10]) Vgl. insbesondere R. von Wettstein, Phylogenie der Pflanzen. Kultur der Gegenwart, Bd. Abstammungslehre, 1914, S. 439, sowie dessen vortreffliches Handbuch der systematischen Botanik, 2. A., 1911.

Spaltpflanzen (Schizophyten), Panzeralgen (Zygophyten), Braunalgen (Phaeophyten), Rotalgen (Rhodophyten) und Lagerpflanzen im engeren Sinn (Euthallophyten). Alle diese Stämme aber lassen mehr oder minder deutliche Beziehungen zu der Gruppe der Flagellaten oder Geißelinfusorien erkennen, die auch Beziehungen zu Gruppen tierischer Organismen zeigen. Wettstein präzisiert die Stellung der Flagellaten dahin, daß sie jenen Typus einfachster Organismen repräsentieren, von dem nach verschiedenen Richtungen einerseits Organismenreihen ausstrahlen, die wir als Pflanzen bezeichnen, anderseits Organismen, die wir dem Tierreiche zuzählen[11]).

Der Stamm der Cormophyten aber, so unklar heute noch seine phylogenetische Ableitung aus niederen Formen ist, enthält sicher nur phylogenetisch Zusammengehöriges: die Bryophyten (Moose), Pteridophyten (Farne), Gymnospermen (Nacktsamige) und Angiospermen (Bedecktsamige). „Daß diese Gruppen trotz ihrer wesentlichen Verschiedenheiten in einem genetischen Zusammenhang stehen, geht daraus hervor, daß in ihren charakteristischen Organen deutliche Homologien nachweisbar sind, und daß es möglich ist, für die gewaltigen Umgestaltungen, welche die homologen Teile im Laufe der Entwicklung erfahren haben, eine hinlänglich begründete Erklärung zu finden"[12]). Die Ursache der Umgestaltung innerhalb der Cormophyten findet Wettstein in der zunehmenden Unabhängigkeit derselben von der Gegenwart flüssigen Wassers. „Die vier großen Gruppen der Cormophyten, welche wir unterscheiden, repräsentieren ebenso viele Abschnitte in dem großen Prozeß der Anpassung der ursprünglich vollständig an das Wasser gebundenen Pflanze an das Landleben".

Der Nachweis von der Zusammengehörigkeit der Cormophyten wurde zuerst durch die vergleichenden Untersuchungen Friedrich Wilhelm Hofmeisters (1824—1877) geliefert. Er verfolgte die Entwicklungsgeschichte der Moose und Farne, entdeckte ihren Generationswechsel und fand die Spuren derselben Entwicklungsweise auch bei den Gymnospermen und Angiospermen, wie er auch die Fortpflanzungsorgane dieser auf diejenigen der Kryptogamen zurückführen konnte[13]). Im Lichte des Entwicklungsgedankens betrachtet, konnten diese Zu-

[11]) Handbuch, S. 54. — [12]) Ebenda, S. 235. — [13]) F. W. Hofmeister, Die Entstehung des Embryos der Phanerogamen, 1849; Vergleichende Untersuchungen der Keimung, Entfaltung und Fruchtbildung höherer Kryptogamen, 1851.

sammenhänge nur phylogenetischer Natur sein. Aber noch 1891 sprach Kerner spottend von denen, die an das Wunder glauben, daß die bedecktsamigen Blütenpflanzen aus den Gefäßkryptogamen (Farnen), Cycadeen und Nadelhölzern hervorgegangen seien[14]). Die Paläobotanik ließ indessen das „Wunder" als eine historische Tatsache erkennen. Man erkannte, daß viele sogenannte „Farne" des oberen Paläozoikums und besonders des Karbons in Wahrheit synthetische Typen sind, die in ihrem Habitus wie in ihrem anatomischen Bau Charaktere der Farne wie der gymnospermen Cycadeen vereinigen. Die gymnospermen Benettitales des Mesozoikums sind offenbar Abkömmlinge jener paläozoischen „Cycadofilices" oder „Pteridospermen", deren Blütenzapfen eine phylogenetische Ableitung der Angiospermenblüte zulassen. Die ältesten Angiospermen sucht man in primitiven Dicotyledonen (Ranales oder Polycarpicae), von denen sich auch die Monocotyledonen abgezweigt haben[15]).

Auch für das Tierreich hatte Haeckel 1866 die polyphyletische und monophyletische Hypothese erörtert und sich für die Monophylie der Metazoen oder Gewebetiere entschieden. Als die Stammgruppe der Metazoenstämme, der Pflanzentiere, Sterntiere, Weichtiere, Gliederfüßer und Wirbeltiere betrachtet er ausgestorbene Würmer, deren Stammbaum mit Moneren beginne, über Amöben, Flagellaten, Infusorien (Ciliaten) zu Strudelwürmern (Turbellarien) führe. Der Stamm der Pflanzentiere (Coelenteraten) habe sich wahrscheinlich in frühester Primordialzeit von den tiefsten Stufen des Wurmstammes, den Urwürmern oder Infusorien abgezweigt und selbständig entwickelt, während die Stammformen der vier übrigen Stämme noch gar nicht von echten Würmern zu trennen waren[16]). In seiner „Gastraeatheorie" (1872, vgl. S. 364) führte Haeckel sodann alle Metazoen auf die hypothetische Stammgruppe der Gastraeaden zurück, die zunächst, nach dem Biogenetischen Grundgesetz, aus dem Auftreten einer bei allen Metazoen auftretenden Keimform, der Gastrula, erschlossen war; es gibt aber auch noch „Gastraeaden der Gegenwart", die im System

---

[14]) Pflanzenleben II, S. 600. — [15]) Vgl. N. Arber, Zwischenstufen zwischen Farnen und Samenpflanzen. Handwörterbuch der Naturwissenschaften IV, 1913, S. 212; R. v. Wettstein, Phylogenie der Angiospermen. Handbuch der systematischen Botanik, 1911, S. 466. Hier und dort auch die Spezial-Literatur zur Phylogenie der Pflanzen. — [16]) Natürliche Schöpfungsgeschichte, 1868, S. 394.

der gegenwärtigen Metazoen die unterste Stufe einnehmen[17]). Von den Gastraeaden leitet Haeckel nach verschiedenen Richtungen hin die Schwammtiere (Spongien), Nesseltiere (Cnidarien) und Wurmtiere (Vermalien) ab, aus den letzteren die verschiedenen Stämme der „Obertiere", die Mollusken, Echinodermen, Articulaten und Vertebraten. Die Vertebraten oder Wirbeltiere waren zuerst Fische, dann Amphibien, dann Reptilien, aus denen sich nach zwei Seiten hin einerseits die Vögel, andererseits die Säugetiere entwickelten. Diese begannen in der Trias mit primitiven Monotremen, deren Überreste in der Gegenwart noch das Schnabeltier und der Ameisenigel bilden; aus Monotremen gingen in der Trias- oder Juraperiode die Beuteltiere oder Marsupialien hervor, in der Kreidezeit aus diesen die Plazentaltiere. Die Monotremen legen noch Eier, die Beuteltiere gebären sehr unvollkommene Junge, deren Weiterentwicklung in einer Bauchtasche des Muttertieres erfolgt; die Plazentaltiere beherbergen ihre Embryonen bis zu einem hohen Grade der Entwicklung in ihrer Gebärmutter, wobei ein eigentümliches Organ, die Plazenta (Mutterkuchen), die Ernährung des Embryos vermittelt. An der Basis der Plazentaltiere stehen die Insektenfresser, an ihrer Spitze die Affen mit dem Menschen.

Vergleichende Anatomie, Ontogenie und vor allem die Paläontologie der Tiere haben seit 1866 ein reiches Material zusammengetragen, das als Grundlage für phylogenetische Spekulationen und Konstruktionen dienen konnte. Auch die Tatsachen der Biogeographie, neuerdings die der Biochemie lieferten wertvolle Unterlagen zur Feststellung der verwandtschaftlichen Verhältnisse und phylogenetischen Beziehungen. O. Abel verwertet in seiner „Paläobiologie" die Tatsachen der Biologie im engeren Sinn, der Ökologie oder Ethologie zu phylogenetischen Schlüssen. Mußten seiner Zeit viele Aufstellungen Haeckels in hohem Grade hypothetisch und spekulativ bleiben, so wurden sie doch durch nachfolgende Entdeckungen im weiten Umfang als richtig erwiesen[18]). Die Phylogenie der Wirbellosen hat neuestens im Zusammenhang K. Heider erörtert, die der Wirbeltiere J. E. V. Boas[19]). Sie kommen in der Hauptsache zu denselben Stammbaumlinien wie Haeckel in seiner „Systematischen Phylogenie der Wirbeltiere" (1894). In Einzelheiten gehen natürlich die Ansichten der Phylo-

[17]) Vgl. E. Haeckel, Anthropogenie, 6. A. 1910, S. 549. — [18]) Vgl. E. D. Cope, The primary factors of Evolution. Chicago 1896. — [19]) Kultur der Gegenwart, Band Abstammungslehre, 1914.

genetiker auch heute noch sehr auseinander, am meisten da, wo die Paläontologie nicht mitreden kann. Niemand zweifelt aber mehr daran, daß eine Phylogenie auf Grund der vorliegenden Urkunden möglich und daß sie letzten Endes das Ziel aller morphologischen Forschung sei.

Mit der Feststellung der Abstammungslinien ist jedoch die Aufgabe der Phylogenie noch nicht erschöpft. Auch das Warum und Wie ist zu erforschen, die Art und Weise, sowie die Ursachen der phylogenetischen Entwicklungen.

Haeckel unterschied 1866 auf Grund paläontologischer Erkenntnisse drei verschiedene Stadien in der Entwicklung der Stämme. Die Aufblühzeit (Epacme) sei charakterisiert durch zunehmende Artenzahl und zunehmende Anzahl der systematischen Kategorien; die Blütezeit (Acme) durch relative Konstanz der Form, zunehmende Differenzierung, qualitative Vervollkommnung und vielseitige Anpassung an die verschiedenartigen Existenz-Bedingungen; die Verblühzeit (Paracme) durch physiologische und morphologische Degeneration, Verminderung der Individuen und systematischen Kategorien bis zum völligen Aussterben[20]. Johannes Walther bezeichnete später das rasche Aufblühen, „das bald nur eine Gattung, bald eine Familie ergreift, in allen Pflanzen- und Tiergruppen und in allen Perioden der Erdgeschichte vorgekommen ist, und also eine gesetzmäßige Phase in der organischen Entwicklung bedeutet“, mit einem treffenden Ausdruck als „Anastrophe“, im Gegensatz zu den vernichtenden Katastrophen Cuviers[21]. „Mögen wir die Geschichte der Ammoniten oder der Insekten, die Entwicklung der Flugsaurier oder der Rudisten, das Auftreten der Nummuliten oder der Primaten ins Auge fassen, immer wieder begegnen wir der seltsamen Erscheinung, daß diese Klassen, Ordnungen oder Familien lange Zeit mit indifferenten, wenig charakteristischen Urformen leben, geringe Umbildungen erkennen lassen und weder durch Artenzahl noch durch Individuenzahl ausgezeichnet sind. Dann aber wird die Gruppe anastrophisch. Es ist, als ob das Band sich löste, das eine große Zahl innerlich schon gesonderter Entwicklungsreihen noch äußerlich zusammenhält, als wenn gleichartige Wurzeltriebe voneinander getrennt würden, jeder fortan sein eigenes Leben führte und auf selbst-

[20]) E. Haeckel, Generelle Morphologie II, 1866, S. 321 und 361. — [21]) J. Walther, Geschichte der Erde und des Lebens, 1908, S. 551.

gewählten Wegen zu einer höheren Entwicklungsstufe emporschritte. Rasch treten die von den Vorfahren ererbten Charaktere zurück; neue Anpassungen, reiche Gliederung, intensive Differenzierung prägen den getrennten Brüdern neue Gestalten auf, und bald erinnern nur noch verborgene, fast unauffällige Eigenschaften an die gemeinsame Verwandtschaft. Mit der größeren Formen-Mannigfaltigkeit wächst die Fähigkeit, unter verschiedenartigen äußeren Umständen zu leben und zu gedeihen. Zahlreiche neue Arten bevölkern den Bildungsraum, dringen von hier erobernd in die Weite und wandern über große Flächen hinweg."

Neue Entwicklungslinien scheinen in der Regel von kleinen und wenig spezialisierten Formen auszugehen, den von Haeckel so genannten „Generalisten". Bei den Säugetieren zeigt sich, wie Depéret darlegt, das „Gesetz der Größenzunahme" mit der allerdeutlichsten Klarheit, so daß es von den modernen Paläontologen als ein wirklicher Prüfstein bei der Rekonstruktion der Stammbäume benutzt werden konnte[22]). Wie die Größe, so schreitet in der Regel auch die einseitige Ausbildung der Organe, die Spezialisation, in demselben Sinne fort. Beispiele für diese „Orthogenesis" liefern alle Tiergruppen; am meisten zitiert werden die Umwandlungen des Gebisses und des Extremitäten-Skelettes der Huftiere. „In ganz allgemeiner Weise überträgt sich die Spezialisiernng nicht auf den gesamten Organismus, sondern allein auf ein einziges Organ, oder auf eine hinsichtlich ihrer Funktionen mehr oder weniger zusammengehörige Gruppe von Organen" (Depéret). Bis zu einem gewissen Grad wird diese einseitige Spezialisierung durch das „Gesetz von der Korrelation der Organe" ausgeglichen, oft aber nur in einem so geringen Maße, daß die exzessive Entwicklung des einen Organs die für die Lebenserhaltung des ganzen Organismus nötige Harmonie der Teile in Frage stellt. Ein bekanntes Beispiel dafür liefert der Riesenhirsch mit seinem übermäßig entwickelten Geweih.

Die ungleichartige Entwicklung der Organe bei verschiedenen Individuen, Varietäten, Arten, Gattungen und Familien, die schon Lamarck und Treviranus (S. 479) bekannt war, ist die Ursache für die Tatsache, daß die systematische Anordnung nicht in einer Reihe, sondern sachgemäß nur in Form eines stereometrischen Stammbaumes

[22]) Ch. Depéret, Les transformations du monde animal. Deutsch von R. N. Wegner, 1909, S. 185.

erfolgen kann. Sie ist weiterhin die Ursache für die Tatsache, daß auch „Spezialisten", hoch- und einseitig spezialisierte Organismen, unter günstigen Umständen noch zu neuen Spezialisationen fähig sind.

Generalisten sind mehr oder weniger alle Jugendformen der Organismen, sie bilden also das günstigste Material für Spezialisationen. In gewissen Fällen können die Jugendformen geschlechtsreif werden, ohne sich im übrigen weiter zu entwickeln. Auch diese „epistatischen" oder „neotenischen" Formen sind fähig zu neuen Spezialisationen.

Daniel Rosa hat ein „Gesetz der progressiven Reduktion der Variabilität", der Belgier Louis Dollo ein „Gesetz der Irreversibilität" oder Nichtumkehrbarkeit der Entwicklung aufgestellt[23]). Nach jenem soll aus unbekannten Gründen im Laufe der Phylogenese die Fähigkeit zu variieren immer mehr abnehmen und schließlich ganz aufhören. Das Gesetz berührt sich mit dem Fechnerschen Gesetz der Entwicklung zur Stabilität. Dollos Gesetz der Irreversibilität lautet in der Fassung, die ihm Abel gegeben hat: 1. Ein im Laufe der Stammesgeschichte verkümmertes Organ erlangt niemals wieder seine frühere Stärke, ein gänzlich verschwundenes Organ kehrt niemals wieder. 2. Gehen bei einer Anpassung an eine neue Lebensweise (z. B. beim Übergang vom Schwimmen zum Laufen) Organe verloren, die bei der früheren Lebensweise einen hohen Gebrauchswert besaßen, so entstehen bei einer Rückkehr zur alten Lebensweise die alten Organe niemals wieder; an ihrer Stelle wird ein Ersatz durch andere Organe geschaffen.

Die letzten Ursachen der Phylogenesis liegen ohne Zweifel in den Veränderungen der Umwelt; sie ist „eine Folge der mechanischen Kosmogenesis, des großen unbewußten Entwicklungsprozesses im ganzen Weltall" (Haeckel). Die schwierige Aufgabe der Phylogenie besteht darin, die phyletischen Ursachen in jedem Einzelfall nachzuweisen, zu zeigen, wie die Anpassungen der Organismen den Veränderungen ihrer Umwelt folgen. Anpassungs-Fähigkeit und An-

---

[23]) D. Rosa, La Riduzione progressiva della variabilita e suoi rapporti coll' estinzione e coll' origine delle spezie. Turin 1899. Deutsch von H. Bosshard, 1903. Dazu L. Plate: Gibt es ein Gesetz der progressiven Reduktion der Variabilität? Archiv für Rassen- und Gesellschafts-Biologie I, 1904, S. 641. — L. Dollo, Les lois de l'évolution. Bull. soc. belg. de Géologie etc. VII, 1893. Dazu O. Abel, Paläobiologie, 1912; Neuere Wege phylogenetischer Forschung. Verhandlungen der Gesellschaft D. Naturforscher und Ärzte 1913. K. Diener, Paläontologie und Abstammungslehre, 1910, S. 110.

passungs-Notwendigkeit sind indessen für die verschiedenen Organismen verschieden. Während die einen augenscheinlich auf die leisesten Veränderungen des Milieus reagieren, überdauern andere anscheinend auch sehr beträchtliche geologische Umwälzungen.

Anpassung an verschiedene Existenz-Bedingungen erzeugt unter den Nachkommen gleicher Stamm-Eltern eine Divergenz des Charakters, zuweilen, wenn die Existenz-Bedingungen nicht sehr verschieden sind, nach anfänglicher Divergenz eine Parallel-Entwicklung, Anpassung an gleiche Existenz-Bedingungen bringt die Nachkommen verschiedener Stamm-Eltern zu einer Konvergenz ihrer Entwicklung, die schließlich ebenfalls zu einem Parallelismus werden kann. Form und Struktur werden dabei ähnlich. Die Ichthyosaurier unter den Reptilien und die Delphine unter den Säugetieren haben in Anpassung an eine ähnliche Lebensweise in demselben Element die Form eines Fisches angenommen. Die Konvergenz erstreckt sich meist nur auf die äußere Form des Organismus und seiner Teile; zuweilen greift sie jedoch so tief, daß sie die phylogenetische Spekulation auf Irrwege führt[24]). Niemals aber scheint sie die Spuren durchlaufener Entwicklungszustände vollständig zu zerstören[25]), und diese Spuren sind es, die der Phylogenie die Möglichkeit geben, die schwer zugänglichen Wege der Phylogenesis zu verfolgen und den Stammbaum des Lebens zu rekonstruieren.

---

[24]) Solche Irrwege hat in neuerer Zeit besonders G. Steinmann beschritten in seinem Buch über „Die zoologischen Grundlagen der Abstammungslehre", 1908; aber er hat das Verdienst, den Blick für die Erscheinungen phyletischer Konvergenz- und Parallel-Entwickluug geschärft zu haben. Vgl. auch O. Abel, Paläobiologie, 1912, S. 618: Konvergenz und Parallelismus. — [25]) Vgl. K. Diener, Paläontologie und Abstammungslehre, 1910, S. 110.

22. Kapitel.

Anthropogenesis.

Die Entwicklung des Menschen.

Aristoteles beginnt seine „Naturgeschichte der Tiere“ mit der Anatomie des Menschen, indem er bemerkt, der Mensch sei von allen Tieren das uns bekannteste. Im 8. und 9. Kapitel des zweiten Buches bespricht er die große Ähnlichkeit des menschlichen Körperbaues mit dem der Affen; der innere Bau der Meerkatze entspreche genau dem des Menschen. Auch die geistigen Fähigkeiten des Menschen und der Tiere unterscheiden sich nach Aristoteles nicht prinzipiell, und die Charaktereigenschaften seien bei den Tieren ebenso individuell ausgeprägt wie bei den Menschen.

Als dem Menschen eigentümliche Merkmale zählt Aristoteles auf: die fleischigen Beine, die Gesäßpolster und den Mangel des Schwanzes. Er führt diese Merkmale ursächlich auf den aufrechten Gang des Menschen zurück. Da nämlich, sagt er, der menschliche Körper im Stehen und Gehen ausschließlich auf den Hinterbeinen ruht, mußten diese muskulöser werden, damit sie die sonst auf vier Beinen ruhende Körperlast zu tragen vermögen; und weil der Mensch trotzdem auch im Stehen ermüdet (was bei den Vierfüßlern niemals eintrete), so mußten sich fleischige Polster zum Sitzen und Ausruhen ausbilden, während gleichzeitig der dabei hinderliche Schwanz weichen mußte. Der nahezu schwanzlose europäische Affe (Inuus ecaudatus) stehe gerade in der Mitte zwischen Zweifüßler und Vierfüßler; soweit er Vierfüßler sei, habe er kein Gesäß, soweit er Zweifüßler sei, keinen Schwanz. Aristoteles will damit jedoch keiner Entwicklung des Menschen aus den Affen das Wort reden, sondern nur seine Ansicht von der Stufenfolge der Dinge auch hier als richtig nachweisen.

Der berühmte Arzt Galenos (131—200 n. Chr.) gründete seine Schlüsse über die Anatomie des Menschen vielfach auf das Studium

des Tierkörpers, speziell des Affen. Die Irrtümer, die aus dieser vollkommenen Gleichsetzung entsprangen, wurden erst 1400 Jahre später durch Andreas Vesalius (1513—1564) berichtigt.

Einen bedeutenden Anstoß zu Vergleichungen verschiedener Menschenrassen unter sich wie mit den Tieren, speziell den Affen, gab die Entdeckung Amerikas (1492). Die „Wilden" der Neuen Welt betrachtete man zunächst vielfach als Tiere, da man sie in der Stammtafel von Sem, Ham und Japhet nicht recht unterzubringen wußte. Erst Papst Paul erklärte die Indianer 1537 für wirkliche Menschen[1]).

Zu Beginn des 17. Jahrhunderts kamen die ersten Nachrichten über menschenähnliche Affen nach Europa[2]). Ein englischer Schriftsteller Purchas erzählte in einem 1615 erschienenen Buche von den Beobachtungen seines Nachbars Andreas Battell, der viele Jahre als Soldat in Kongo und Angola gewesen war. Ausführlicher noch in einem Werk vom Jahre 1625, in dem er von einem großen Affen, Pongo genannt, der neben einem kleineren (Engeco) an der Westküste Afrikas beobachtet worden war, die folgende Schilderung gibt: „Dieser Pongo ist in der ganzen Gestalt wie ein Mensch, nur daß er mehr einem Riesen als einem Mann ähnlich ist, denn er ist sehr groß, hat eines Menschen Antlitz, hohläugig, mit langen Augenbrauen. Sein Gesicht und seine Ohren sind ohne Haare, ebenso seine Hände. Sein Körper ist voller Haare, aber nicht sehr dicht; das Haar ist von schwarzbrauner Farbe. Er ist vom Menschen nur in seinen Beinen verschieden, denn er hat keine Waden. Er geht immer auf seinen Beinen und hält die Hände im Genick übereinander geschlagen, wenn er auf der Erde geht. Diese Affen schlafen auf den Bäumen und bauen sich Schutzdächer gegen den Regen. Sie nähren sich von Früchten, die sie in den Wäldern finden, und von Nüssen, denn sie essen keine Art von Fleisch. Sie können nicht sprechen und haben nicht mehr Verstand als ein Tier."

Bald konnten sich die zweifelnden Europäer überzeugen, daß Purchas und Battell kein Jägerlatein erzählt hatten, denn im Jahre 1640 kam der erste menschenähnliche Affe nach Europa, ein junger Schimpanse aus Angola. Nikolaus Tulpius, derselbe, den Rembrandt

---

[1]) Vgl. C. Sterne, Die allgemeine Weltanschauung in ihrer historischen Entwicklung, 1889, S. 327. — [2]) Vgl. Th. Huxley, Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur, 1863; R. Hartmann, Die menschenähnlichen Affen, 1883.

in seiner berühmten „Anatomie“ im Kreise seiner Zuhörer dozierend dargestellt hat, beschrieb ihn in seinen „Observationes medicae“ (1641) als Orang-Utan oder indischen Waldmenschen.

Im Jahre 1699 gab der englische Anatom Edward Tyson die erste genaue Darstellung von der Anatomie eines jungen Schimpansen, und obwohl er die menschenähnlichen Merkmale dieses Tieres gegen die Affenmerkmale genau abwog, ließ er ihm doch den Namen des „wilden Menschen“ (Homo sylvestris). Linné nahm ihn 1735 zusammen mit den andern inzwischen bekannt gewordenen menschenähnlichen Affen unter der Gattung Homo in sein „Systema naturae“ auf. In der Vorrede zu seiner „Fauna suecica“ (1746) verteidigt er diese Einordnung; er sei durch folgerichtige Anwendung seiner naturgeschichtlichen Grundsätze niemals imstande gewesen, den Menschen durchaus von den Affen zu unterscheiden; „denn es gibt manche Affen, die weniger Haare besitzen als manche Menschen; diese Affen gehen auf zwei Füßen und bedienen sich ihrer Füße und Hände wie die Menschen.“ Die Sprache könne kein Trennungsmerkmal abgeben; „denn nach meiner Methode gelten nur Charaktere nach ihrer Zahl, Gestalt, Proportion und Situation.“

Aus einem ungedruckten Manuskript Linnés teilt Einar Lönberg[3]) das folgende Stück mit:

„Die Cousins der Menschen. Von allem Erschaffenen ist unwidersprechlich dem Menschen nichts näher als das Geschlecht der Affen. Deren Gesicht, Hände und Füße, Arme und Beine, Brust und Eingeweide ist uns am ähnlichsten; ja ihre hundert Possen, lustig und putzig zu sein, alles nachzumachen, was sie sehen, d. h. der Mode zu folgen, ähnelt uns so sehr, daß wir kaum einen Grenzunterschied finden können. Viele dürften meinen, daß zwischen Menschen und Affen ein größerer Unterschied sei als zwischen Tag und Nacht; wenn man aber einen hochaufgeklärten Premierminister in Europa mit einem Hottentotten vom Kap der guten Hoffnung zusammenstellt, würde man auch kaum glauben können, daß sie ursprünglich von derselben Abkunft sind.“

Seinen wissenschaftlichen Überzeugungen gemäß vereinigte Linné in der 10. Auflage seines Systems der Natur (1758) den Menschen mit den Affen und Fledermäusen zu der ersten Ordnung der Säugetiere,

[3]) Carl von Linné und die Lehre von den Wirbeltieren, 1909, S. 26, Anm. 4.

der er den Namen „Primaten" (Herrentiere) gab. Als die wesentlichen Merkmale, die dem Homo sapiens zukommen, zählt er auf: die aufrechte Haltung, den haarlosen Körper, das große Gehirn, das Zäpfchen, die Gesichtsbildung, die Nase, das Kinn, die Fersen usw. In einer Anmerkung dazu heißt es jedoch: „Obwohl meine ganze Aufmerksamkeit auf diesen Punkt gerichtet war, kann ich für die Unterscheidung zwischen dem Menschen und dem Troglodyten doch nur ungewisse Merkmale angeben."

Buffon hatte bereits Gelegenheit, außer einem Schimpansen noch einen zweiten menschenähnlichen Affen zu beobachten, und er berichtigte die Bemerkung von Battell und Purchas, daß die Affen nicht klüger seien als andere Tiere, dahin, daß sie unter allen Tieren die höchste Intelligenz besäßen. In Hinsicht auf seinen Körperbau könne der Orang-Utan mit gleicher Berechtigung als der höchste Affe wie als der niedrigste Mensch betrachtet werden, da ihm mit Ausnahme der Seele nichts von dem fehle, was wir besitzen, und weil er hinsichtlich des Körperbaues weniger vom Menschen abweiche, als von anderen Tieren, die noch zu den Affen gerechnet würden. Ähnlich wie Linné bemerkt auch Buffon: „Wir vergleichen den wilden Affen der Wälder mit dem zivilisierten Bürger unserer großen Städte. Kein Wunder, daß da der Affe im Nachteil erscheint. Er sollte vielmehr mit dem scheußlichen Hottentotten verglichen werden, der fast ebensoviel unter den höchsten Menschen steht als der Orang-Utan unter den niedersten Menschen"[4]).

Durchdrungen von der gesetzmäßigen Einheit aller Wirbeltiere, wagte Peter Camper (1722—1789), Professor der Chirurgie in Amsterdam und Groningen, auf der schwarzen Lehrtafel durch Kreidestriche den Hund in ein Pferd, das Pferd in einen Menschen, die Kuh in einen Vogel zu verwandeln. „Er drang darauf, daß man im Hirn des Fisches das Gehirn des Menschen erblicken solle, und erreichte durch diese geistreichen, sprungweise gewagten Vergleichungen die Absicht, den inneren Sinn des Beobachters aufzuschließen, der nur allzu oft von Äußerlichkeiten gefangen gehalten wird. Nun betrachtete man das Glied eines organischen Körpers nicht nur an und für sich, sondern gewöhnte sich, in demselben das Bild eines ähnlichen Gliedes einer verwandten organischen Natur wo nicht zu sehen, doch zu ahnen"

[4]) Buffon, Histoire naturelle, Bd. XIV, 1766, S. 30.

(Goethe). Camper erkannte die morphologische Fortbildung des tierischen zum menschlichen Schädel in der Erhebung der Stirnlinie, die von der Mitte des Oberkiefers zur Mitte der Stirn gezogen werden kann. Sie bildet mit der wagrechten Linie vom äußeren Gehörgang zur Grundfläche der Nasenhöhle den Camperschen Gesichtswinkel, der beim Pferd nur 23 Grad beträgt, beim Mandrill 30—42, beim Orang-Utan 58, bei niederen Menschenrassen 65—75 und bei höheren 90—100 Grad. Vom Orang-Utan zum Menschen steigt also dieser Winkel um 7 Grad, innerhalb des Menschengeschlechts selbst aber um 35 Grad. Mit seiner Hilfe läßt sich also keine Grenze zwischen tierischer und menschlicher Bildung konstruieren. Unterschiede zwischen Mensch und Affe fand Camper jedoch im Kehlkopf, in den hinteren Extremitäten, in der Opponierbarkeit des Daumens und vor allem im Zwischenkiefer, der die beiden Oberkieferhälften verbindet und die Schneidezähne trägt. Peter Camper behauptete mit aller Entschiedenheit, dem Menschen gehe dieser Zwischenkiefer ab.

Überzeugt von der Einheit des Bauplans aller höheren Tiere mit Einschluß des Menschen suchte Goethe nach einem Zwischenkiefer auch beim Menschen, und er fand ihn (1784). Goethes Meinung ging dahin, daß der Unterschied des Menschen vom Tiere in nichts Einzelnem zu finden sei; vielmehr sei der Mensch aufs nächste mit den Tieren verwandt, aber das spezifisch Menschliche drücke sich im kleinsten Teil aus[5]). In einem Gespräch mit Eckermann äußerte Goethe: „So hat der Mensch in seinem Schädel zwei unausgefüllte hohle Stellen (die Stirnhöhlen, Sinus frontales). Die Frage warum? würde hier nicht weit reichen, wogegen aber die Frage wie? mich belehrt, daß diese Höhlen Reste des tierischen Schädels sind, die sich bei solchen geringeren Organisationen in stärkerem Maße finden, und die sich beim Menschen trotz seiner Höhe noch nicht ganz verloren haben.“ Er weist darauf hin, daß es fast unmöglich sei, die menschliche Bildung aus sich selbst kennen zu lernen, weil die Teile desselben in einem eigenen Verhältnis stehen, weil manches ineinander gedrängt und verborgen sei, was bei den Tieren sehr deutlich am Tage liege, weil dieses oder jenes Organ bei den Tieren sehr einfach, bei den Menschen in einer unendlichen Komplikation und Subdivision gefunden werde[6]).

---

[5]) Brief an Knebel, am 17. November 1784. — [6]) Vorträge über vergleichende Anatomie (1796). Goethes Werke (Heinemann) 39, 163

Von einem andern Gesichtspunkt aus war Peter Moskati, Professor der Anatomie zu Pavia, in einer Rede „von dem körperlichen wesentlichen Unterschied zwischen dem Bau des Menschen und der Tiere“[7]) an das Menschenproblem herangetreten. Moskati zeigte, daß in dem aufrechten Gang des Menschen eigentlich etwas Widernatürliches liege, da der Mensch innerlich ganz so gebaut sei wie die Vierfüßler und daher nicht ohne gewisse Nachteile die diesem Bau entsprechende Stellung und Gangart aufgegeben habe; dadurch entstünden wahrscheinlich die Brüche, Herzleiden, Blutumlaufsfehler, Hämorrhoiden und dergleichen, welche die Tiere nicht kennen.

Kant hat die Rede Moskatis zustimmend rezensiert[8]). Er ergänzt sie durch die Bemerkung, daß der Mensch durch das Aufgeben seiner Vierfüßlernatur wohl auch die Fähigkeit zu schwimmen verloren habe; denn alle Vierfüßler verstünden, ins Wasser geraten, zu schwimmen. Die erste Vorsorge der Natur sei gewesen, daß der Mensch als ein Tier für sich und seine Art erhalten werde, und hierzu war diejenige Stellung, welche seinem inwendigen Bau, der Lage der Frucht und der Erhaltung in Gefahren am gemäßesten ist, die vierfüßige. Es sei jedoch auch ein Keim von Vernunft in ihn gelegt, wodurch er, wenn sich dieser entwickelt, für die Gesellschaft bestimmt sei, und vermittelst dessen er für sich beständig die hierzu geschickteste Stellung, nämlich die zweifüßige, annehme.

Das Problem „Affe und Mensch“ wurde am Ende des achtzehnten Jahrhunderts sehr lebhaft erörtert. Der schottische Lord Monboddo wurde darauf geführt, als er dem Ursprung der menschlichen Sprache nachsann (1773); Herder, als er in seinen „Ideen zur Philosophie der Geschichte“ (1784) die Stufenleiter der Wesen erörterte und den Menschen, als das „verbindende Mittelglied zweier Welten“, mit dem menschenähnlichsten Geschöpf, dem Affen, verglich. Während aber Monboddo geneigt ist, einen tierischen Ursprung des Menschen anzunehmen, verabscheut Herder die „entehrende Tradition, die den Menschen vom Affen herleitet“.

Johann Friedrich Blumenbach (1752—1840) fand einen Unterschied zwischen dem Menschen und den Affen darin, daß jener nur zwei, dieser aber vier Hände habe. Cuvier folgte ihm darin und schuf für den Menschen im System der Tiere eine eigene Ordnung,

---

[7]) Deutsch von F. Beckmann, Göttingen 1771. — [8]) Vgl. Fritz Schultze, Kant und Darwin, 1875, S. 50.

die der Bimana oder Zweihänder, der er als zweite Ordnung die der Affen als Vierhänder oder Quadrumana folgen ließ. Erst im Jahre 1863 hat Huxley nachgewiesen, daß die Affen genau so gut Zweihänder sind wie die Menschen, daß der Bau ihrer Gliedmaßen dem der menschlichen genau entspricht.

Bisher war von einer Abstammung des Menschen von anderen Tieren nicht die Rede, wenn man auch ein tierisches Stadium der menschlichen Entwicklung zugab. Der erste, der einen anthropogenetischen Versuch wagte, war Lamarck. In die allgemeine Abstammungslehre, die er mit der Urzeugung der einfachsten Lebewesen beginnen ließ, schloß er auch den Menschen ein. Einem Kapitel seiner „Zoologischen Philosophie" (1809) „über die natürliche Ordnung der Tiere und über die naturgemäße Reihenfolge in ihrer allgemeinen Anordnung", in dem er von den Infusorien bis zu den Affen, von der Monade bis zum Orang aufsteigt, fügt er „einige Bemerkungen über den Menschen" an. Wenn irgend eine Rasse der Affen, meint er, insbesondere die vollkommenste, durch irgendwelche Ursachen gezwungen würde, das Klettern auf den Bäumen aufzugeben und ihre Füße nur zum Gehen zu gebrauchen, so könne es keinem Zweifel unterliegen, daß die anfänglichen Vierhänder schließlich zu Zweihändern umgebildet würden. Wenn überdies diese Individuen, bewogen durch das Bedürfnis, zu überragen und weit und breit um sich zu sehen, sich anstrengten, aufrecht zu gehen und an dieser Gewohnheit von Generation zu Generation festhielten, so könnte es ebenfalls keinem Zweifel unterliegen, daß ihre Füße allmählich sich der aufrechten Haltung anpaßten, daß ihre Beine Waden bekämen usw. Wenn endlich diese Individuen ihre Kiefer nicht mehr als Waffen zum Beißen, Zerfleischen und Zupacken oder zum Zerschneiden des Grases gebrauchten, so müßte ihr Gesichtswinkel größer werden, ihre Schnauze sich mehr und mehr verkürzen und schließlich vollkommen verschwinden, und ihre Schneidezähne müßten eine senkrechte Stellung erlangen. Endlich müßte zwischen diesen hervorragenden Rassen und den vollkommensten Tieren auch deshalb eine beträchtlicher Unterschied und Abstand entstehen, weil sie diese in ungünstige Gegenden zurückdrängten, sich selbst aber ungehindert überall ausbreiten und sich vermehren könnten. Neue Bedürfnisse entstanden, welche die Industrie hervorriefen und die Mittel und Fähigkeiten dieser Rasse von Stufe zu Stufe weiter ausbildeten.

Wie Lamarck, so denkt auch Robert Chambers, der Verfasser der berühmten „Vestiges of creation“ (1844) zunächst an die Affen als Stammväter des Menschengeschlechts. „Wir können, sagt er, die Frage unserer Ahnenreihe nur mit tiefem Interesse betrachten, und denken hier sogleich an die Affenfamilie, deren Gestalt, Größe des Gehirns und allgemeiner Charakter unserer eigenen Gattung so nahe tritt“. Doch sei die besondere Spezies, von der die menschliche Familie abstammt, schwerlich je von Naturforschern schon in Betracht gezogen worden. Die meisten Ansprüche auf eine Stelle unter den Urhebern der Primaten hätten unter den reptilischen Ordnungen die Batrachier. Chambers bezieht sich hier auf einen gewissen Dr. Roget, der im Frosch das einzige Tier findet außer dem Menschen, dessen Bein eine Wade hat. Das genügt ihm, den Frosch in die Nähe der höheren Ordnungen der Säugetiere zu rücken. Im übrigen aber sei er nur ein niederer Nebensproß der Hauptlinie, die mit den Primaten ende. Auch in den handähnlichen Fußtapfen (Chirotherien) im Neuen roten Sandstein sieht Dr. Roget „interessante Fingerzeige der Wege Gottes zu den Menschen“.

Einer natürlichen Auffassung des Menschenproblems stand vielfach auch wieder die theologische Schöpfungslehre und Zeitrechnung entgegen. Seit Hoff (1822) und Lyell (1830) war indessen die Geologie bemüht, sie durch richtigere Vorstellungen zu ersetzen. In gleicher Weise wirkten die Funde von menschlichen Steinwerkzeugen, die Schmerling und Boucher de Perthes (1788—1868) in den dreißiger Jahren in belgischen, französischen und italienischen Höhlen zusammen mit Überresten ausgestorbener Tiere entdeckten und beschrieben. Aber bevor ihre Entdeckungen die gebührende Anerkennung fanden, mußte erst noch der Entwicklungsgedanke in der Biologie zum Durchbruch kommen. Dies geschah, wie wir wissen, im Jahre 1859 mit Darwins Buch über die Entstehung der Arten. Erst danach sammelte Lyell die Beweise für das ungeheure Alter des Menschengeschlechts (1863) und berechnete es auf Hunderttausende von Jahren.

In der englischen Ausgabe der „Entstehung der Arten“ stand der Satz: „Licht wird fallen auf den Ursprung des Menschen und auf seine Geschichte“[9]). Dieser Satz erschien dem deutschen Übersetzer

---

[9]) Vgl. Ch. Darwin, Die Abstammung des Menschen, 1871, Einleitung; G. Schwalbe, Zur Geschichte von Darwins „Abstammung des Menschen“. Deutsche Revue, Dezember 1909.

Darwins, G. H. Bronn so unklar, unwichtig oder bedenklich, daß er ihn in der deutschen Übersetzung einfach fortließ.

Der einfache Satz hatte eine lange Vorgeschichte. „Sobald ich“, schreibt Darwin selbst in seiner Autobiographie, „im Jahre 1837 oder 1838 überzeugt war, daß Spezies veränderliche Produkte sind, konnte ich die Annahme nicht vermeiden, daß auch der Mensch unter dasselbe Gesetz fallen müsse. Infolgedessen sammelte ich mir zu meiner Befriedigung, und lange Zeit ohne die Absicht, etwas darüber zu veröffentlichen, Notizen, die sich auf den Gegenstand bezogen. Obgleich in der Entstehung der Arten nirgends die Abkunft irgend einer besonderen Spezies erörtert wird, hielt ich es doch für das Beste, damit kein anständiger Mensch mich deshalb angreifen könnte, daß ich meine Ansicht verheimlicht hätte, diesem Werke die Bemerkung einzufügen, es werde auch auf den Ursprung des Menschen und seine Geschichte ein Licht fallen. Es würde nutzlos und für den Erfolg des Buches schädlich gewesen sein, hätte ich mit meiner Überzeugung betreffs des Ursprungs des Menschen paradieren wollen, ohne irgendwelche Beweise zu bringen.“ Am 22. Dezember 1857 schrieb Darwin an Wallace: „Sie fragen mich, ob ich den Menschen mit in die Erörterung ziehe. Ich gedenke das ganze Kapitel zu vermeiden, da es so sehr von Vorurteilen umgeben ist, obgleich ich vollständig zugebe, daß es das höchste und interessanteste Problem für den Naturforscher ist.“ Erst im Jahre 1871 veröffentlichte Darwin seine Gedanken über die Abstammung des Menschen.

Inzwischen hatten schon einige andere Naturforscher die anthropogenetischen Konsequenzen der Abstammungslehre gezogen und ihre Überzeugung darüber ausgesprochen. Es waren vor allen Thomas Huxley in England, Carl Vogt und Ernst Haeckel in Deutschland.

Der vergleichende Anatom Owen hatte behauptet, daß zwischen dem Gehirn des Menschen und der Affen fundamentale Unterschiede beständen. Huxley (1825—1895) prüfte diese Behauptung nach und erwies sie als falsch. Fortgesetzte Studien über vergleichende Anatomie und Ontogenie der Wirbeltiere in Verbindung mit der Neubegründung der Biogenetik durch Darwin führten ihn mit zwingender Notwendigkeit zu der Theorie von der Affenabstammung des Menschen. Seine Vorträge darüber vereinigte er im Jahre 1863 in dem epochemachenden Werk „Man's place in nature“[10]). In drei Teilen handelt das Buch

[10]) Deutsch von J. V. Carus unter dem Titel: „Zeugnisse für die Stellung des Menschen in der Natur“, 1863.

1. über die Naturgeschichte der menschenähnlichen Affen; 2. über die Beziehungen des Menschen zu den nächstniederen Tieren; 3. über einige fossile menschliche Überreste. Die zweite dieser Abhandlungen beginnt mit den berühmten, oft zitierten Worten: „Die Frage aller Fragen für die Menscheit, das Problem, welches allen übrigen zugrunde liegt und welches tiefer interessiert als irgend ein anderes, ist die Bestimmung der Stellung, welche der Mensch in der Natur einnimmt, und seiner Beziehungen zu der Gesamtheit der Dinge. Woher unser Stamm gekommen ist, welches die Grenzen unserer Gewalt über die Natur und der Natur Gewalt über uns sind, auf welches Ziel wir hinstreben: das sind die Probleme, welche sich immer von neuem und mit unvermindertem Interesse jedem zur Welt geborenen Menschen darbieten. Die meisten von uns schrecken vor den Schwierigkeiten und Gefahren, welche den bedrohen, der selbständig nach Antworten auf diese Rätsel sucht, zurück und begnügen sich damit, sie vollständig zu ignorieren oder den forschenden Geist unter dem Pfühl respektierter und respektabler Überlieferungen zu ersticken. In jedem Zeitalter aber hat es einen oder zwei ruhelose Menschen gegeben, die, mit jenem konstruktiven Talent gesegnet, das nur auf sicherer Grundlage bauen kann, oder vom Geist der bloßen Zweifelsucht besessen, nicht imstande sind, dem ausgetretenen und bequemen Pfad ihrer Vorgänger und Zeitgenossen zu folgen und uneingedenk der Dornen und Steine ihre eigenen Wege gehen.“

Zu diesen unerschrockenen Pionieren der Anthropogenie gehörte Huxley selbst.

Er erörtert in seiner Antwort auf die erste seiner drei großen Fragen zunächst die Tatsachen der menschlichen Ontogenie (Embryologie) und fragt: Ist nun der Mensch etwas Besonderes? Entsteht er in einer völlig andern Weise als ein Hund, Vogel, Frosch oder Fisch, und gibt er damit denen recht, welche behaupten, er stehe außerhalb der Natur und sei nicht verwandt mit der Tierwelt? Oder entsteht er aus einem ähnlichen Keim, durchläuft er dieselben langsamen und allmählich voranschreitenden Veränderungen, hängt er von denselben Einrichtungen zum Schutz und zur Ernährung ab und tritt er endlich in die Welt mit Hilfe desselben Mechanismus? Die Antwort — sagt Huxley, und er begründet sie — ist nicht einen Augenblick zweifelhaft und ist seit dreißig Jahren nicht zweifelhaft gewesen. Ohne Zweifel ist die Entstehungsweise, sind die früheren Entwicklungszustände

des Menschen identisch mit denen der unmittelbar unter ihm stehenden Tiere, ohne Zweifel steht er in allen diesen Beziehungen den Affen viel näher als die Affen den Hunden.

Ebenso steht es mit der Organisation des ausgebildeten Menschen. Er ist den Affen ähnlich in derselben Weise, wie sie untereinander ähnlich sind; er unterscheidet sich von ihnen, wie sie sich voneinander unterscheiden. Huxley vergleicht die allgemeinen Bauverhältnisse des Körpers und der Gliedmaßen, die Wirbelsäule, das Becken, den Schädel in seiner Gesamtheit wie in seinen einzelnen Zügen, das Gebiß, die Hand, den Fuß, das Gehirn — und kommt zu dem bedeutsamen Schluß: „Wir mögen ein System von Organen vornehmen, welches wir wollen, die Vergleichung ihrer Modifikationen in der Affenreihe führt uns immer wieder zu demselben Resultat: daß die anatomischen Verschiedenheiten, welche den Menschen vom Gorilla und Schimpansen scheiden, nicht so groß sind als die, welche den Gorilla von den niederen Affen trennen."

Diesen „folgenschweren Satz" Huxleys hat Ernst Haeckel als das „Huxleysche Pithekometra-Gesetz" bezeichnet. Huxley fügt ihm noch hinzu, daß der Versuch, eine psychische Trennungslinie zu ziehen, gleich vergebens sei; selbst die höchsten Vermögen des Gefühls und Verstandes beginnen in niederen Lebensformen zu keimen.

Wird aber der Mensch durch keine größere anatomische Scheidewand von den Tieren getrennt, als diese voneinander, dann, folgert Huxley, muß auch die Entstehung des Menschen erklärt werden können, wenn irgendein natürlicher Kausalvorgang nachgewiesen werden kann, durch welchen die Gattungen und Familien von Tieren entstanden sind. Mit anderen Worten: wenn gezeigt werden könnte, daß z. B. die Sahuis (Krallenäffchen) durch allmähliche Modifikation aus gewöhnlichen plattnasigen Affen (Platyrhinen) entstanden sind, oder daß beide, Sahuis und Platyrhinen, modifizierte Verzweigungen eines ursprünglich einheitlichen Stammes sind, dann würde auch kein vernünftiger Grund dagegen sein, den Menschen ebenso entstanden zu denken. Die Grundlage zu dieser Entscheidung gibt Darwins Theorie von der Entstehung der Arten, „die gegenwärtig das einzig erreichbare Mittel ist, das Chaos beobachteter Tatsachen in eine bestimmte Ordnung zu bringen".

Gegenüber der Meinung, daß der Glaube an den tierischen Ursprung des Menschen dessen Vertierung und Erniedrigung mit sich führe, fragt Huxley: „Ist es wirklich wahr, daß der Dichter, Philosoph oder

Künstler, dessen Genius der Ruhm seiner Zeit ist, erniedrigt wird durch die unzweifelhafte historische Wahrscheinlichkeit, um nicht zu sagen Gewißheit, daß er der direkte Abkömmling irgend eines nackten und halbtierischen Wilden ist, dessen Intelligenz gerade hinreichte, ihn etwas verschlagener als den Fuchs, dadurch aber um so mehr gefährlicher als den Tiger zu machen? Oder ist er verpflichtet, zu heulen und auf allen Vieren zu laufen, wegen der außer Frage stehenden Tatsache, daß er früher ein Ei war, das keine gewöhnliche Unterscheidungskraft von dem eines Hundes unterscheiden konnte? Oder muß der Menschenfreund und Heilige den Versuch, ein edles Leben zu führen, aufgeben, weil das einfachste Studium der menschlichen Natur an ihrer Basis alle die selbstsüchtigen Leidenschaften und die heftigen Begierden der gewöhnlichen Vierfüßler offenbart? Ist Mutterliebe gemein, weil eine Henne sie zeigt, oder Treue niedrig, weil ein Hund sie besitzt? Der gesunde Menschenverstand der großen Masse der Menschheit wird diese Frage beantworten, ohne sich einen Augenblick zu besinnen. Ja noch mehr: haben sich denkende Leute einmal den blindmachenden Einflüssen traditioneller Vorurteile entwunden, dann werden sie in dem niederen Ursprung des Menschen den besten Beweis für den Glanz seiner Fähigkeiten finden und werden in seinem Fortschritt während einer langen Vergangenheit einen vernünftigen Grund finden, an die Erreichung einer noch edleren Zukunft zu glauben."

In der dritten Abhandlung seines Werkes bespricht Huxley mit gleicher Gründlichkeit die wenigen damals bekannten fossilen Überreste des Menschen, die fragmentären Schädel aus den Höhlen von Engis im Meusetal in Belgien und des Neandertals bei Düsseldorf, die zuerst von Schmerling (1833) und Schaaffhausen (1857) beschrieben worden waren.

Huxley hatte den Grund zu einer wissenschaftlichen Anthropogenie gelegt und ihren Bau so weit gefördert, als es im Jahre 1863 nur immer möglich war. In demselben Jahre veröffentlichte Karl Vogt (1817—1895) seine „Vorlesungen über den Menschen, seine Stellung in der Schöpfung und in der Geschichte der Erde", in denen er seine berühmte „Affentheorie" in bezug auf den Ursprung des Menschen vertritt. In eben demselben Jahre skizzierte Ernst Haeckel in einem Vortrag „über die Entwicklungstheorie Darwins" zum erstenmal seine Anthropogenie, die er 1865 in zwei weiteren Vorträgen „über

die Entstehung und den Stammbaum des Menschengeschlechts" erweiterte und 1874 in seiner „Anthropogenie" zu einem in sich abgeschlossenen Teil der Phylogenie ausbaute[11]). Hier, in der „Anthropogenie", unternimmt er zum erstenmal den kühnen Versuch, die Abstammung des Menschen durch die ganze Tierreihe hindurch zu verfolgen, bis zu den einfachsten Urtieren, den einzelligen Protozoen hinab, und die allmähliche stufenweise Ausbildung jedes einzelnen Organs durch diese ganze lange Ahnenreihe von seinem ersten Ursprung an darzulegen, im aufhellenden Lichte des Biogenetischen Grundgesetzes.

Schon in seiner „Generellen Morphologie" (1866) hatte Haeckel in lapidarer Kürze die neue Erkenntnis ausgesprochen: „Der Satz, daß der Mensch sich aus niederen Wirbeltieren, und zwar zunächst aus echten Affen entwickelt hat, ist ein spezieller Deduktionsschluß, der sich aus dem generellen Induktionsgesetz der Deszendenztheorie mit absoluter Notwendigkeit ergibt. Es können daher auch alle weiteren Entdeckungen, welche in Zukunft unsere Kenntnisse über die phyletische Entwicklung des Menschen noch bereichern werden, nichts weiter sein, als spezielle Verifikationen jener Deduktion, die auf der breitesten empirischen Basis ruht"[12]).

Haeckel hat in vollem Umfang recht behalten. Alle weiteren Untersuchungen und Entdeckungen haben die außerordentlich enge Verwandtschaft von Affen und Menschen bestätigt. So auf vergleichend-anatomischen Gebiete. „Daß der Mensch zu den Säugetieren und dann zu den Primaten gehört, ist klar. Diese Zugehörigkeit zeigt jede Vergleichung irgend eines Lehrbuchs menschlicher Anatomie mit Max Webers ‚Säugetieren', speziell dem Kapitel Simiae (Affen)"[13]). Die biochemische Verwandtschaft von Affe und Mensch haben die schönen Untersuchungen von Friedenthal (1900), Uhlenhuth (1900) und Nuttal (1904) bewiesen (vgl. S. 418). „Dieser biologische Nachweis

---

[11]) Vorträge und Abhandlungen I, 2. A., 1902, S. 1, 35 u. 71; Anthropogenie oder Entwicklungsgeschichte des Menschen. Gemeinverständliche wissenschaftliche Vorträge über die Grundzüge der menschlichen Keimes- und Stammesgeschichte, 1874, 6. A., 1910. Ferner: Über den Ursprung des Menschen, 1898, 12. A., 1916; Die Welträtsel, 1899, 2. Kap.; Unsere Ahnenreihe (Progonotaxis hominis), 1908. — [12]) Generelle Morphologie, 1866, S. 427. — [13]) E. Fischer, Anthropogenese, Handwörterbuch der Naturwissenschaften I, 1912, S. 475. Vgl. R. Wiedersheim, Der Bau des Menschen als Zeugnis für seine Vergangenheit 4. A., 1908.

für die Blutsverwandtschaft zwischen Menschen- und Affengeschlecht ist allen übrigen, die aus der Paläontologie, vergleichenden Anatomie und Entwicklungsgeschichte sich ergeben, würdig an die Seite zu stellen, ja er dürfte der eklatanteste und verblüffendste sein, da man ihn jedem im Reagenzglase ad oculos demonstrieren kann"[14]). Zu genau dem gleichen Resultat gelangte die Ontogenie. „Bis vor kurzem glaubte man zu der Behauptung berechtigt zu sein, daß das Embryonalleben des Menschen in mehreren wichtigen Punkten bemerkenswerte Unterschiede von dem aller andern Geschöpfe (d. h. der Säugetiere) aufweise. Und dies ist wirklich der Fall: diese Eigenheiten, die lange als Steckenpferd von denen gebraucht worden sind, die dem Menschen eine Ausnahmestellung haben reservieren wollen, unterscheiden den Menschen schon als Embryo von allen Tiergruppen — von allen mit Ausnahme einer einzigen: den Affen. Dank der zielbewußten Untersuchungen der letzten Jahre, besonders denen des deutschen Zoologen Emil Selenka, können wir im einzelnen und mit aller wünschenswerten Genauigkeit diese Tatsache nachweisen, deren Bedeutung für die Auffassung der Genealogie des Menschen kaum überschätzt werden kann"[15]). Das Huxleysche Pithekometra-Gesetz gilt auch hier.

Von besonderer Bedeutung war das Material, das die Paläontologie der Anthropogenie liefern konnte. Noch der große Cuvier hatte mit aller Entschiedenheit behauptet: es gibt keine fossilen Affen- und Menschenknochen. Für die Affen erhielt sich dieses Dogma bis zum Jahre 1836; da fanden englische Offiziere in den Sivalikschichten des Himalaya den Unterkiefer eines großen Affen, und seitdem hat man zahlreiche Arten fossiler Affen entdeckt und beschrieben. Propliopithecus, Pliopithecus, Dryopithecus und Pithecanthropus sind besonders wichtig geworden, da sie eine fortschreitende Reihe darstellen. Propliothecus aus dem Oligozän des Fayum in Ägypten „ist sicher der Ahne von Pliopithecus und wohl auch aller Simiiden (Menschenaffen)

---

[14]) Uhlenhuth, Ein neuer biologischer Beweis für die Blutsverwandtschaft zwischen Menschen- und Affengeschlecht. Die Umschau VIII, 1904, Nr. 39. — [15]) W. Leche, Der Mensch, sein Ursprung und seine Entwicklung, 1911. In diesem Buche sind auch die übrigen Beweise für die natürliche Anthropogenese in außerordentlich klarer Weise dargestellt. — E. Selenka, Die Gleichartigkeit der Embryonalformen bei Primaten. Biolog. Centralblatt, 21. Bd. 1901, S. 484; Studien über Entwicklungsgeschichte. Menschenaffen, 1898 bis 1900. 5. Lieferung, als Fragment hgg. von F. Keibel, 1903, S. 345.

und Hominiden (Menschen)“[16]). Die Reste des Pithecanthropus (Schädeldach, Oberschenkelknochen und Backenzähne) wurden 1891 von dem holländischen Militärarzt Eugen Dubois in pleistozänen Schichten der Insel Java gefunden. Dubois betrachtete diese Form als ein Zwischenglied zwischen Affe und Mensch. Andere, „Anthropisten“, hielten ihn für einen Menschen, wieder andere, „Pithekisten“, für einen echten Affen. Gustav Schwalbe, dem wir die genaueste Untersuchung der Pithecanthropus-Reste verdanken, schließt sich der Auffassung von Dubois an, und Volz, der das geologische Alter der Pithecanthropus-Schichten bestimmt hat, sagt ganz richtig: wenn Pithecanthropus auch nicht das missing link ist, ein missing link ist er doch jedenfalls[17]).

In Hinsicht auf den Menschen blieb das Cuviersche Dogma bis zum Jahre 1856 in Geltung, dem Fundjahr der Neandertaler Menschenknochen. Schaaffhausen, der diesen kostbaren Fund 1858 zuerst genauer beschrieb, erkannte seine genetische Bedeutung für die Anthropologie sogleich; er deutete ihn als Überrest einer primitiven Urmenschenrasse und blieb allen Angriffen zum Trotz bei seiner Meinung. Rudolf Virchows Autorität war jedoch unter den Anthropologen stärker, und Virchow brachte seit 1872 die Auffassung zur Geltung, daß der Neandertaler Schädel der krankhaft veränderte Schädel eines gewöhnlichen Menschen und demnach für die Anthropogenie wertlos sei. Seitdem ruhte der Fund im Bonner Provinzialmuseum, bis er im Jahre 1901 seine zweite Auferstehung feierte, als ihn Gustav Schwalbe von neuem untersuchte[18]). Schwalbe lieferte den bestimmten Nachweis, 1. daß die als pathologisch angeführten Merkmale, wenn sie überhaupt als pathologisch angesehen werden dürfen, auf den Formcharakter des Neandertalschädels ohne Einfluß geblieben sind; 2. daß der Schädel des Neandertalmenschen sich in vielen Merkmalen mehr

[16]) M. Schlosser, in Zittels Grundzügen der Paläontologie II, 2. A., 1911. — [17]) E. Dubois, Pithecanthropus erectus, eine menschenähnliche Übergangsform aus Java. Batavia 1894; Pithecanthropus erectus, eine Stammform des Menschen. Anatomische Anzeigen XII, 1896, S. 1; G. Schwalbe, Studien über Pithecanthropus. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie I, 1899; Volz im Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Festband 1907. — [18]) Vgl. D. Schaaffhausen, Zur Kenntnis der ältesten Rassenschädel. Müllers Archiv 1858, S. 453; Der Neandertaler Fund, 1888; R. Virchow, Untersuchung des Neandertal-Schädels. Zeitschrift für Ethnologie IV, 1872, S. 157; G. Schwalbe, Der Neandertal-Schädel. Bonner Jahrbücher 106, 1901, S. 1; Die Vorgeschichte des Menschen, 1904.

von dem des rezenten Menschen unterscheidet, als von dem des höchst entwickelten Affen.

Die niedrige Bildung des Schädels, die fliehende Stirn, die stark entwickelten Überaugenbögen, besonders aber die mangelhafte Kinnbildung genügen nach Schwalbe vollständig, um den Neandertaler als eine vom rezenten Menschen abweichende niedere Form des Menschen, als eine besondere Spezies desselben zu charakterisieren, welche in der ältesten Diluvialzeit in Mitteleuropa gelebt hat. In der Formbildung der Gliedmaßen, die genauer von Hermann Klaatsch untersucht wurde, sind die Unterschiede zwischen den beiden Menschenarten ebenso ausgeprägt, wenn auch nicht so stark wie in Schädelbau und Kieferbildung. Schwalbe nannte die Neandertaler Menschenart Homo primigenius, ein Name, den Haeckel 1865 seinem hypothetischen Urmenschen oder Affenmenschen gegeben hatte, „welcher der Stammvater aller übrigen Arten wurde“[19]).

Reste des Homo primigenius haben sich auch an zahlreichen andern Orten gefunden; so bei La Naulette in Belgien (Dupont 1866), bei Spy in Belgien (Fraipont und Lohest 1886), bei Krapina in Kroatien (Gorjanowič-Kramberger 1899), bei Le Moustier in der Dordogne (Otto Hauser und Hermann Klaatsch 1908), bei La Chapelle-aux-Saints (Bouyssonie und Bardon 1908), in den Sanden von Mauer bei Heidelberg (Otto Schoetensack 1908) u. a.[20]). Die Untersuchung dieser Reste hat zu folgenden Ergebnissen geführt:

1. Die hier aufgezählten Funde haben so viele übereinstimmende Merkmale, daß sie mit völliger Sicherheit einer engeren Gruppe zugerechnet werden können;

2. diese Merkmale sind a) solche, die der rezente Mensch auch hat, aber kein Affe; sie sind also menschlich; b) Merkmale, die kein einziger rezenter Mensch in dieser Kombination hat, die Gruppe ist also innerhalb der Menschheit eine besondere; c) diese besonderen Merkmale liegen von der menschlichen Variationsbreite aus in der Richtung nach dem Anthropoiden-Typus.

---

[19]) Über den Stammbaum des Menschengeschlechts, 1865. Vorträge und Abhandlungen I, 2. A., 1902, S. 105. — [20]) Vgl. G. Schwalbe, Die Vorgeschichte des Menschen, 1904; E. Fischer, Fossile Hominiden. Handwörterbuch der Naturwissenschaften IV, 1913, S. 332; H. Obermeier, Der Mensch der Vorzeit, o. J. (1912/13).

3. der Heidelberger Unterkiefer ist der primitivste von allen bekannten Primigeniusresten, wenn er überhaupt noch zu diesen gehört und nicht nach unten herausgesetzt werden muß; Schwalbe jedenfalls ist der Ansicht, daß der Homo Heidelbergensis eine tiefere Stufe der Menschwerdung oder „Homination" darstellt als der Homo primigenius.

4. der Pithekanthropus fällt durch eine ganze Reihe von Merkmalen aus dieser Gruppe heraus, wiederum in der Richtung nach dem Affentypus; man kann ihn deshalb nicht mehr zu den Menschen rechnen, aber auch nicht zu den Affen, da eine Reihe seiner Merkmale aus der Variationsbreite der Affen herausfällt;

5. neben, mehr aber noch nach den Primigenius-Menschen gibt es diluviale menschliche Schädel, die einzelne Merkmale der Primigeniusgruppe aufweisen, im übrigen aber als „Übergangsformen" dem Homo sapiens zugerechnet werden müssen[21]).

Faßt man nun die Ergebnisse der anthropologischen Anatomie, Embryologie, Paläontologie und Biochemie zusammen, und gesteht man dem Entwicklungsgedanken und seiner kausalen Bedeutung überhaupt eine Berechtigung zu, so folgt aus diesen Ergebnissen nur derjenige Schluß, den Ernst Haeckel schon 1866 gezogen hat, und den neuestens Boas kurz und bündig ausspricht in dem Satz: „daß der Mensch gerade von den anthropomorphen Affen abstammt, kann nicht zweifelhaft sein"[22]). Die Affentheorie behauptet aber nicht, daß der Mensch von den heute lebenden Affen abstammt. So betont Haeckel schon 1866: „Was die Blutsverwandtschaft des Menschen zu den menschenähnlichen Affen betrifft, so darf jedenfalls keine der drei noch lebenden Gattungen (Gorilla, Schimpanse, Orang-Utan), wie überhaupt keine der lebenden Affenformen als ein unmittelbarer Vorfahr des Menschen angesehen werden"[23]). Zweifellos aber habe er mit den Menschenaffen denselben gemeinsamen Stammvater.

Der deutsche Anthropologe Hermann Klaatsch hat, wie früher schon der amerikanische Paläontologe Cope, den Menschen mit Umgehung der Affen direkt an primitive Säugetiere der ältesten Eozän-

[21]) Vgl. E. Fischer, 1913; G. Schwalbe, Über Darwins Werk: Die Abstammung des Menschen. Zeitschrift für Morphologie und Anthropologie XII, 1909, S. 441. — [22]) Boas, Phylogenie der Wirbeltiere. Kultur der Gegenwart, Abstammungslehre 1914, Seite 602. — [23]) Generelle Morphologie II, 1866, Seite CLVI.

periode anknüpfen wollen. In der Tat besitzt der Mensch neben fortgeschrittenen auch eine Reihe von primitiven Eigenschaften, z. B. in der Ausbildung seiner Hand, die an diejenige primitiver Amphibien und Reptilien erinnert. Der Mensch macht aber damit durchaus keine Ausnahme; im ganzen Tierreich, in jeder Gruppe finden sich höchst entwickelte Formen, die sich zahlreiche primitive Erbschaften unverändert oder wenig verändert bewahrt haben.

Aber wir würden, wie Schwalbe betont, „sozusagen den Boden unter den Füßen verlieren, wenn wir unter völligem Ausschluß der Affen die körperliche Bildung des Menschen direkt an die Halbaffen oder gar an noch niederere Zustände anknüpfen wollten". „Bei der direkten Zurückführung des Menschen auf weit zurückliegende Urformen können die vielen Übereinstimmungen des Menschen mit den Affen im allgemeinen, mit den Anthropomorphen im besonderen, nicht erklärt werden. Dieselben bleiben ein unerklärbares Wunder." Ebenso hält es der Basler Anatom Kollmann angesichts unserer Kenntisse über die Embryologie des Menschen und der Anthropoiden nicht mehr für möglich, die letzteren von der Deszendenzreihe der ersteren auszuschließen. Auch die Biochemie gestattet es nicht. Klaatsch hat denn auch später bei vertiefter Erkenntnis seine „Primatoidentheorie" verlassen und ist ein ebenso eifriger Anhänger der Pithekoidentheorie geworden wie nach gründlichsten Studien Schwalbe und andere. Von Haeckels Auffassung der speziellen Abstammung des Menschen sprechend, konstatiert Schwalbe, daß deren Grundzüge von Haeckel mit Recht auch jetzt noch aufrecht erhalten werden[24].

So ist denn die große Frage nach dem Ursprung des Menschen im Prinzip gelöst, wenn auch die Einzelheiten, Zeit und Ort, der Weg und die Art und Weise der Homination noch vielfach im Dunkel liegen. Speziell in der Frage nach der Einheit des Menschengeschlechts stehen sich die Ansichten der Monogenisten und Polygenisten auch unter den Pithekisten noch schroff gegenüber. Drei „Adams" hatte schon Paracelsus (1493—1541) postuliert, je einen für die Europäer, Amerikaner

[24]) G. Schwalbe, 1909, (Anm. 2), S. 465 u. 469; Die Vorgeschichte des Menschen, 1904; J. Kollmann im Korrespondenzblatt der deutschen Anthropologischen Gesellschaft, 1905, S. 12; H. Klaatsch, Entstehung und Entwicklung des Menschengeschlechts. In dem Sammelwerk „Weltall und Menschheit", 1901; Verschiedene Vorträge von Klaatsch im Korrespondenzblatt der Deutschen Anthropologischen Gesellschaft seit 1899; Die Stellung des Menschen im Naturganzen. In dem Sammelwerk: Die Abstammungslehre, Jena 1911.

und Neger. Carl Vogt, der sich seinerseits auf Gratiolets Untersuchungen über das Gehirn stützte, nahm eine ursprüngliche Verschiedenheit der Menschenrassen an und leitete sie aus mehreren verschiedenen Zweigen „jenes an Ästen und Zweigen reichen Baumes“ der Primatenordnung ab. Aus den „grundverschiedenen“ Familien der Gibbons, der Makaken und der Paviane sollen sich zunächst die drei menschenähnlichen Affen Orang, Schimpanse und Gorilla entwickelt haben und aus diesen die Menschenrassen[25]). Auf ähnlichem Standpunkt stehen einige Anthropologen der Gegenwart, Theodor Arldt und F. Melchers, der wie der italienische Anthropologe G. Sergi vier getrennte Stammreihen des Menschen annimmt[26]). Klaatsch leitete aus einem gemeinsamen Ursprung der Primaten die Australier, einen Westzweig und Ostzweig, ab. Der Westzweig entwickelte sich einerseits zum Gorilla, andererseits zum Neandertaler und Neger, der Ostzweig zum Orang-Utan, Malayen und Aurignac-Menschen, dem Stammvater der heutigen europäischen Menschheit.

Haeckel, Birkner u. a. halten den Polygenismus für unannehmbar; er führt zu der Annahme, daß die tiefgreifende Umwandlung des Menschenaffen zum Menschen, mit den wichtigen Veränderungen im inneren Körperbau mehrmals unabhängig voneinander stattgefunden habe; eine so weitgehende Konvergenz ist aber sehr wenig wahrscheinlich[27]).

Die Ursachen der Hominatiou, der Menschwerdung, können im allgemeinen keine anderen gewesen sein, als die Ursachen irgend einer phylogenetischen Umwandlung: die physiologischen Funktionen der Vererbung und Anpassung. Unter den bedeutungsvollen funktionellen Anpassungen, welche durch progressive Vererbung in der Ahnenreihe der Anthropomorphen stufenweise gesteigert wurden, und welche die Entstehung des menschlichen Organismus aus einer sozialen Pithe-

[25]) C. Vogt, Vorlesungen über den Menschen, 1863. — [26]) Vgl. Th. Arldt, Die Stammesgeschichte der Primaten und die Entwicklung der Menschenrassen, 1915; F. Melchers, Der Ursprung der Menschenrassen. Der Zeitgeist Nr. 25, 20. Juni 1910; H. Klaatsch, Menschenrassen und Menschenaffen. Korrespondenzblatt der deutschen anthropologischen Gesellschaft, 1910. — [27]) Vgl. E. Haeckel, Über den Ursprung des Menschen, 12. A., 1916, Nachwort S. 33: Phyletische Anthropologie; F. Birkner, Die Rassen und Völker der Menschheit, o. J. (1912/13), S. 532. Vgl. auch E. Fischer, Rassen und Rassenbildung. Handwörterbuch der Naturwissenschaften VIII, 1913, S. 78.

kanthropus-Form während der Pliocän-Zeit bewirkten, stellt Haeckel vier phylogenetische Prozesse in die erste Linie: 1. Die Gewöhnung an den aufrechten Gang; 2. die damit verknüpfte eigentümliche Differenzierung der Extremitäten; 3. die Ausbildung der artikulierten Sprache, und 4. die damit verbundene höhere Vernunft-Entwicklung. Keine von diesen vier Erwerbungen ist eine ausschließliche Eigentümlichkeit des Menschen. Aber der Mensch ist das einzige Tier, welches diese vier wertvollen Fähigkeiten in sich vereinigt hat. „Die zufällige glückliche Kombination dieser vier Qualitäten, die gleichzeitige Ausbildung von Vernunft und Sprache, sowie die Arbeitsteilung der Gliedmaßen haben unseren Pithekanthropus-Ahnen die Pforte zum Tempel der Menschheit eröffnet"[28]).

Zweifellos ist die Gewöhnung an den aufrechten Gang der erste Schritt zur Homination gewesen[29]). Zweifellos ist dieser erste Schritt durch einen Wechsel der Lebensbedingungen veranlaßt worden. „Man muß sich denken, daß äußere Umstände die betreffende Form zwangen, das Kletterleben, Waldleben aufzugeben (geologisch-klimatische Änderungen, allmählicher Waldschwund). Solche Übergänge sind bei Primaten wohl mehrfach erzwungen worden, die Paviane z. B. sind dadurch wieder richtige Quadrupeden geworden, deren Beine trotz Beibehaltung der Hände sich osteologisch in manchem als Ganzbeine verraten. Warum die zum Menschen führende Form statt aus der halbaufrechten Stellung sich niederzusenken, umgekehrt sich vollends aufrichtete, wissen wir nicht. Es muß primär in etwas nicht auf die Hinterhand Bezüglichem gelegen sein (Nahrungserwerb?)" (E. Fischer, 1912). Anstatt an Waldschwund läßt sich auch an eine Abwanderung aus dem Walde denken, die ebenfalls durch ökonomische Verhältnisse bedingt sein konnte. Die „materialistische" Geschichtsauffassung ist hier durchaus und allein am Platze.

Die Einnahme einer aufrechten Stellung war die Ursache zur Ausbildung der spezifisch menschlichen Organisations-Merkmale, insbesondere die Vorbedingung für die Entwicklung des menschlichen Gehirns und Schädels, wie sie bei einem Quadrupeden aus statischen

---

[28]) E. Haeckel, Systematische Phylogenie der Wirbeltiere III, 1895, S. 624. — [29]) Vgl. dazu G. Schwalbe, Die Vorgeschichte des Menschen, 1904; E. Fischer, Anthropogenese. Handwörterbuch der Naturwissenschaften I, 1912, S. 480; — G. Ruge, Die Körperformen des Menschen in ihrer gegenseitigen Abhängigkeit und ihrem Bedingtsein durch den aufrechten Gang, 1918.

Gründen unmöglich ist. Einen Beweis für diese Entwicklungsfolge liefert der Pithekanthropus, dessen Oberschenkel nahezu rein menschliche Formen zeigt, während sein Hirnschädel noch eine sehr viel niedrigere Stufe der Ausbildung einnimmt. Die auf funktioneller Anpassung beruhende Weiterbildung des Großhirns, insbesondere der Großhirnrinde mit ihren Sinnes- und Assoziationszentren, und die davon abhängige Entwicklung der geistigen Fähigkeiten, war wiederum die Vorbedingung für die menschliche Kultur, die in nichts anderem besteht, als in fortschreitender Naturerkenntnis und Naturbeherrschung, Selbsterkenntnis und Freiheit der Selbstbestimmung unter der Herrschaft von Ideen. Der Mensch, selbst eine Resultierende der Naturentwicklung, gewinnt von einem bestimmten Punkt an eine fortschreitende Einsicht in den Mechanismus dieser Entwicklung, die ihn im Zusammenwirken mit Seinesgleichen befähigt, als Dominante des Naturgeschehens die Entwicklung nach bestimmten Zielen hinzulenken. In ihm und durch ihn nimmt die unbewußte, kausal-mechanische Entwicklung der Natur einen zunehmend teleologischen, zweckbestimmten Charakter an.

Die Frage nach der Stellung des Menschen in der Natur, diese Frage aller Fragen, ist ohne Zweifel durch die Anthropogenie im Sinne Haeckels gelöst: Der Mensch ist ein relativ geschlossenes und relativ beständiges materielles Teilsystem der Natur wie jedes andere Tier. Seine Progonotaxis wie seine Lebensbedürfnisse verweben ihn unauflösbar in das große Gesamtsystem der Mutter Natur. Aber — und das ist das Einzigartige, Göttliche — diese kommt in ihrem Teilsystem „Mensch“ zum Selbstbewußsein, zum zwecksetzenden Wollen, und zur bewußten, entwicklungsbestimmenden Tat. Erst in diesem Entwicklungs-Prozeß vollendet sich die Anthropogenesis. Erst Wissenschaft und Kunst machen den Menschen wahrhaft zum Menschen und befähigen ihn, die eherne Notwendigkeit der Natur in die F r e i h e i t d e r K u l t u r zu verwandeln. Erst mit dieser Erkenntnis, deren Werden eine „G e s c h i c h t e d e r A n t h r o p o g e n i e“ darzustellen hat, ist die Frage nach der Stellung des Menschen in der Natur völlig gelöst.

Register.

Druck von Bär & Hermann in Leipzig.